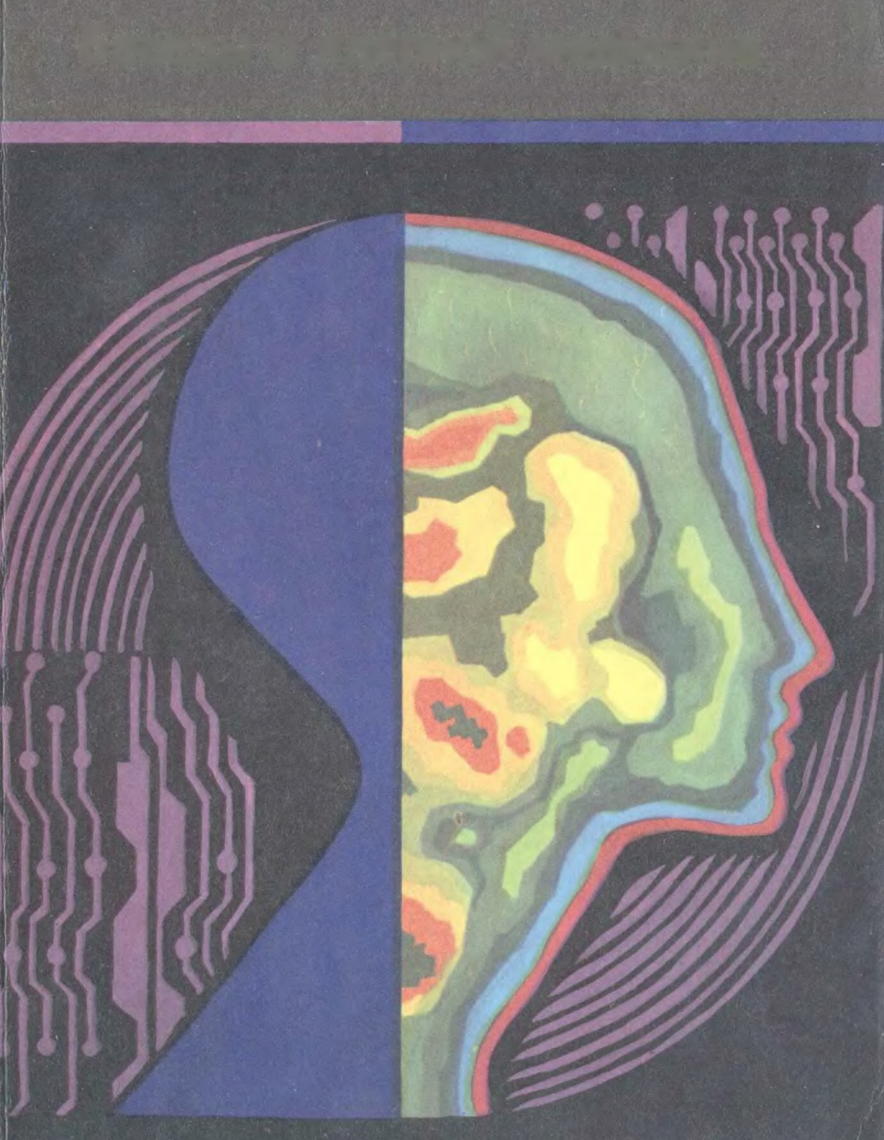
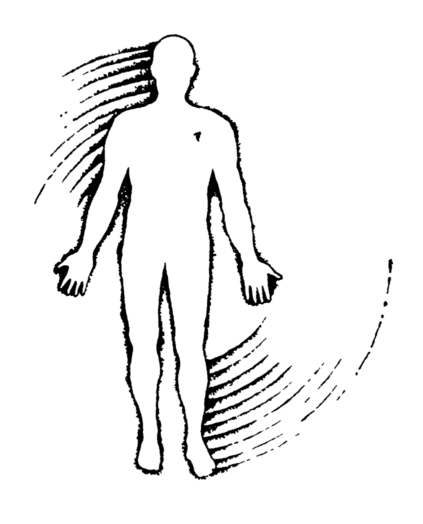
Эврика



И. Королюк, А. Цыб

Беседы о ядерной медицине



МОСКВА
«МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ»
1988

ББК 53.6
К 68

Рецензент
профессор Л. Д. Линденбратен

Королюк И. П., Цыб А. Ф.
К 68 Беседы о ядерной медицине. — М. : Мол. гвардия, 1988. — 192 с., ил. — (Эврика).

ISBN 5—235—00599—6

Книга об одном из самых современных и быстроразвивающихся направлений медицины, широко использующем новейшие достижения физики и компьютерной техники.

К $\frac{4111000000—016}{078(02)—88}$ 270—87 **ББК 53.6**

ISBN 5—235—00599—6

ВМЕСТО ПРОЛОГА

Эта книга посвящена новой области медицинских знаний — ядерной медицине. Существует и другое, также весьма популярное ее название — радионуклидная диагностика.

Нуклиды — это любые атомы, которые отличаются составом ядер. Некоторые из них неустойчивы, или, как принято говорить, радиоактивны. С помощью таких радиоактивных нуклидов, или сокращенно радионуклидов, можно подробно изучать строение и жизнедеятельность организма человека, определять структуру и функцию его органов, выявлять болезненные их изменения. Это и есть радионуклидная диагностика.

В клинической медицине она применяется чрезвычайно широко. Практически радионуклидная диагностика охватывает все медицинские специальности: терапию, хирургию, эндокринологию, акушерство и педиатрию, онкологию, кардиологию и др. При этом данные о состоянии человека, полученные с помощью радионуклидов, нередко имеют решающее значение для распознавания болезни: они устанавливают ее причину, точно определяют состояние органов и систем человека и тем самым способствуют назначению правильного лечения.

Современная ядерная медицина широко использует средства автоматизации и вычислительной техники, что обеспечивает высокую точность получаемых данных. Появилось новое поколение медицинской техники, полностью базирующееся на компьютерах. В связи с этим возникла новая технология диагностики, в основе которой лежат компьютерные способы получения, хранения, обработки и представления медицинской информации (в виде картинок, графиков, набора цифр и т. д.).

Ядерную медицину отличает необычный динамизм. Не проходит месяца, не говоря уже о годе, чтобы арсенал врача, специалиста по радионуклидной диагностике,

не пополнялся бы новым методом, в ряде случаев — новым принципом, а то и новыми идеями.

В самое последнее время в ядерной медицине стали применять радиоактивные вещества с ультракоротким периодом полураспада. Их «жизнь» в организме человека измеряется минутами и даже секундами. Поэтому применение таких веществ абсолютно безвредно. Оно может производиться многократно, через короткие интервалы времени.

Недавно в ядерной медицине появился еще один новый метод — «ин витро» диагностика (или «диагностика в пробирке»): все исследования выполняют в пробирке, обрабатывая каплю крови, взятой у пациента, специальными веществами, содержащими радионуклиды. Таким несложным и к тому же дешевым методом можно проводить массовые проверочные исследования населения, чтобы выявить скрытые заболевания, в том числе злокачественные опухоли, контролировать течение беременности, следить за формированием детского организма.

Еще одно новое направление ядерной медицины — получение изображения внутренних органов человека с помощью компьютеров. При этом получают не только общее изображение органа, но и отдельных его слоев. Одновременно оценивается также функция различных структур органа.

Большие возможности радионуклидного метода в изучении человеческого организма выдвинули ядерную медицину на передовые рубежи медицинской науки и практического здравоохранения.

Уже сейчас в нашей стране выполняется ежегодно около двух миллионов радионуклидных исследований. Это, конечно, намного меньше, чем рентгенологических, число которых у нас достигло рекордной цифры — 300 миллионов в год! Но пройдет немного времени, и методы радионуклидного исследования станут столь же обычными и распространенными, как и рентгенологические, хорошо известные теперь каждому жителю нашей планеты.

А пока... ядерная медицина — терра инкогнита для многих людей, как больных, так и здоровых. Отношение к ней то безразличное (по незнанию), то настороженное (из-за опасения радиации), то (бывает и такое!) — даже отрицательное (назовем его сверхбоязнью).

Примечательно, что подобная неоднозначность в

оценке ядерной медицины характерна не только для широкого круга населения, которое по вполне понятным причинам не осведомлено о принципах и возможностях радионуклидного метода исследования, но, к нашему глубокому сожалению, также среди медиков.

Возможно, что некоторые положения, изложенные в книге, покажутся для неспециалиста-читателя излишне сложными. Этих читателей мы адресуем к интересному наблюдению знаменитого австрийского физика П. Эренфеста: «Не следует бояться принимать участие в научных разговорах, слушать доклады, читать книги, если у вас из-за отсутствия предварительных знаний от всего этого останется не более двух-трех разрозненных впечатлений или фраз. Эти фрагменты позднее неожиданно и молниеносно воплощаются в некую единую картину, и оказывается, что вы играючи и без особого напряжения приобрели за счет таких несистематических занятий богатство, подчас гораздо больше того, которое можно получить в результате регулярной работы».

Авторы полагают, что знакомство с этой книгой поможет читателю войти в круг многочисленных и увлекательных медицинских проблем, решаемых средствами радионуклидной диагностики и, возможно, облегчит ему понимание сущности ядерно-медицинских исследований, когда он станет обращаться за врачебной помощью.

Куйбышев — Обнинск, 1987 г.

ОТЦЫ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ

> Ничто так сильно не расширяет весь горизонт наших понятий о природе и человеческой жизни, как близкое знакомство с величайшими умами человечества.
>
> *Д. Писарев*

Известно, что многие великие открытия были сделаны случайно. В частности, так были открыты рентгеновские лучи, а год спустя обнаружена радиоактивность. Но так ли уж случайны подобные открытия?

Еще в XVIII веке известный французский физик Ж. Легранж проницательно заметил: «На случай при великих открытиях наталкиваются те, кто его заслуживает». То есть удача приходит к тому, кто ее все-таки достоин. Но когда ошибка одного ученого обернулась открытием для другого, как это произошло с явлением радиоактивности, вот это действительно дело случая.

История эта увлекательна и поучительна. Восходит она, очевидно, к частной беседе двух выпускников Парижской политехнической школы, которая состоялась 20 января 1896 года. Математик А. Пуанкаре в разговоре со своим другом физиком А. Беккерелем предположил, что открытые незадолго до этого немецким физиком В. Рентгеном икс-лучи (так тогда называли рентгеновское излучение) могут испускаться фосфоресцирующими веществами. Эта встреча, как утверждают историки науки, состоялась всего за несколько часов до официального доклад Пуанкаре на ту же тему на заседании Французской академии.

Пуанкаре, к тому времени уже маститый ученый, был известен как автор многих оригинальных работ по математике, физике и философии. К его мнению прислушивались. Пуанкаре обратил свое внимание на трубку Крукса — вакуумную трубку, с помощью которой получают, пропуская через нее ток высокого напряжения, катодные лучи. Ученый подумал: коль скоро тот конец трубки, на который падают катодные лучи, испускает икс-излучение и одновременно светится, то есть люминесцирует, не логично ли предположить, что икс-излучение может возбуждаться существующим в природе люминесцирующими веществами? Другими словами, Пуан-

каре тесно связал явление люминесценции и рентгеновского излучения. Пока это была гипотеза, но высказал ее авторитетный ученый, и она не оставила равнодушными многочисленных экспериментаторов.

Как проще всего можно было бы доказать ее справедливость? Допустим, мы поместим кусочек люминесцирующего вещества на завернутую в черную бумагу фотопластинку, а затем осветим его. Если после этого фотопластинка потемнеет, гипотеза Пуанкаре верна. Для большей убедительности можно положить между люминесцирующим веществом и фотопластинкой какой-нибудь плотный предмет, например, металлический крест, и тогда его изображение обязательно отпечатается на фотопластинке.

Именно такой опыт и провел Беккерель.

Фосфоресценция была, так сказать, сферой фамильных интересов семьи Беккерелей. Его дед, член Парижской академии наук Антуан Сезар Беккерель, был хорошо известен в научном мире как один из основоположников учения о люминесценции. Этой же проблеме были посвящены многочисленные работы отца А. Беккереля — профессора физики Александра Эдиона Беккереля. Да и сам А. Беккерель сделал уже ряд открытий в области флюоресценции.

Напомним, кстати, что флюоресценция и фосфоресценция — разновидности единого явления — люминесценции и различаются лишь длительностью свечения: первая затухает, как только прекращается действие возбудителя, например, катодных лучей, вторая же продолжается длительное время, иногда несколько часов.

Для своих опытов по фосфоресценции Беккерель выбрал кристаллы калийуранилсульфата — одного из наиболее сильно фосфоресцирующих веществ. Эти кристаллы после облучения солнечным светом способны были засвечивать фотопластинку, завернутую в черную плотную бумагу. Если при этом между кристаллами и фотопластинкой помещался металлический крест, то он отчетливо отображался на этой фотопластинке.

Нетрудно вообразить, какие чувства испытали математик Пуанкаре и физик Беккерель, когда теоретические предположения одного подкрепились экспериментами другого!

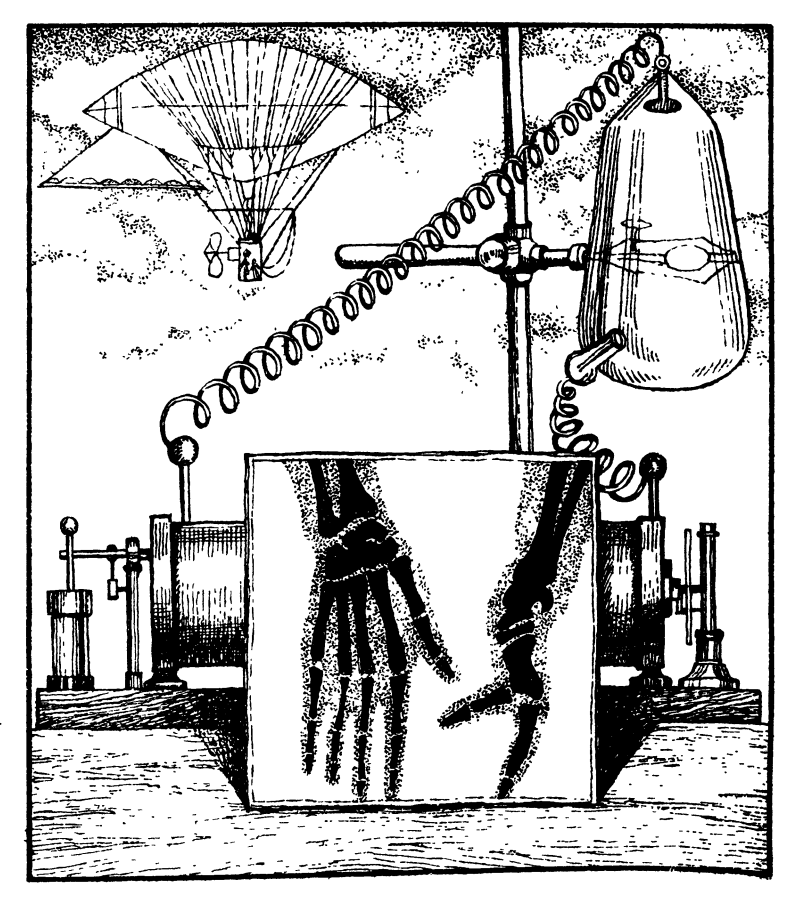
24 февраля 1896 года Беккерель доложил результаты своих опытов Парижской академии. Это было первое, предварительное сообщение, подтверждавшее гипотезу

Пуанкаре. Дальше, однако, события приняли совсем иной оборот.

2 марта должен был состояться основной доклад Беккереля, и, готовясь к нему, ученый наметил новую серию опытов.

26 и 27 февраля в Париже была пасмурная погода, и пластинки, подготовленные для экспериментов, пролежали эти два дня в ящике стола вместе с кристаллами калийуранилсульфата. 1 марта наконец-то глянуло солнце, и Беккерель, хотя это был воскресный день, все-таки пришел в лабораторию, чтобы закончить опыт.

Начал он с того, что проявил пластинки, полагая, что увидит лишь легкую вуаль. Но фотопластинки ока-



зались... засвеченными — и очень сильно. Что это могло означать? Только то, что соли урана способны самостоятельно, без возбуждения извне засвечивать фотопластинки. Благодаря чему? Очевидно, из-за того, что они испускают особого рода лучи, которые А. Беккерель назвал «урановыми», его соотечественники — «беккерелевыми», а в современной терминологии их именуют гамма-лучами, хотя, если быть точным, то «урановые» и «беккерелевые» лучи — это не чистые гамма-лучи, а смесь излучений.

Итак, теоретическая догадка, пусть и не до конца точная, послужила толчком к открытию неведомого дотоле естественного явления природы. «Гипотезы, — писал Гёте, — это леса, которые возводят перед зданием и сносят, когда здание готово — они необходимы для работника: он не должен только принимать леса за здание».

2 марта 1896 года Беккерель сообщил Парижской академии наук о новом, теперь уже правильно понятом явлении — радиоактивности.

Хронология открытия радиоактивности заслуживает столь подробного изложения, ибо демонстрирует весь динамизм развития научной мысли конца XIX века, периода, который В. И. Ленин назвал «новейшей революцией в естествознании».

Естественно возник интригующий вопрос: а нет ли таких «достоинств» у других элементов таблицы Менделеева?

В конце 1896 года Беккерель показал, что свойством испускать проникающее излучение обладает чистый уран. Такой же способностью обладал торий. Об этом сообщили 4 февраля 1898 года Берлинскому научному обществу немецкий ученый Г. Шмидт и 12 апреля этого же года Парижской академии наук французская исследовательница М. Склодовская-Кюри.

Случайно ли открытие Беккерелем явления радиоактивности?

Вообще-то говоря, на новое явление ученые наталкиваются случайно не так уж редко. Утверждают, что взаимосвязь электричества и магнетизма была установлена датским физиком Х. Эрстедом случайно, когда он пропускал по проводнику электрический ток, а студент заметил отклонение намагниченной стрелки.

Историки упоминают, что английский физик М. Фарадей также «случайно» заметил отклонение стрелки и

благодаря этому открыл закон электромагнитной индукции.

Случайно Рентген, выключив свет в своей лаборатории, забыл отключить катодную трубку и увидел свечение находящихся неподалеку кристаллов платиноцианистого бария.

Случайно серебряная ложка французского художника и изобретателя Л. Дагера оказалась на полированной металлической поверхности, вследствие чего в 1839 году предложен был первый практически пригодный тип фотографии — дагерротипия.

Во всех приведенных ситуациях элемент случайности, конечно, присутствовал. Однако тем и отличаются подлинные таланты в науке, что не проходят мимо случайностей, а заметив необычное явление, пусть даже незначительное и не имеющее отношения непосредственно к их работе, всесторонне и глубоко его исследуют, привлекая к этому свой мощный интеллект и фундаментальные знания.

Не случайно первооткрыватели редко ограничиваются только одним открытием, хотя и входят в историю науки благодаря ему.

Так, тот же М. Фарадей, помимо закона электромагнитной индукции, открыл бензол и бутилен, впервые получил ряд газов в сжиженном состоянии, открыл явления пара- и диамагнетизма, вращение плоскости поляризации при намагничивании среды, он же ввел в употребление такие термины, как электрод, катод, анод.

Перу Рентгена, обессмертившего свое имя открытием рентгеновских лучей, принадлежат и классические работы по магнетизму, исследованию электрических явлений в кристаллах. Рентген, по общему мнению современников, был одним из талантливых учеников знаменитого физика А. Кундта из Страссбурга.

Не представляется таким уж неожиданным и открытие Беккереля. По многим причинам. Во-первых, к 1896 году это был уже сложившийся, можно сказать, маститый ученый, выполнивший ряд пионерских исследований. Во-вторых, примечательный факт — он говорит о высоком творческом накале исследователя: Беккерель пришел в свою лабораторию в воскресенье. Наконец, в-третьих, исключительная тщательность, чистота экспериментальных исследований ученого.

В. Гольданский и Д. Трифонов в книге «Учение о радиоактивности» приводят интересный факт. По дан-

ным Анналов Центрального метрологического бюро Франции, 1 марта 1896 года в Париже была пасмурная погода. Следовательно, вовсе не солнце заставило А. Беккереля проявить хранившиеся несколько дней фотопластинки, а строгая научная требовательность к эксперименту.

ОТКРЫТИЕ НА ПУСТОМ МЕСТЕ!

Были ли предшественники у Беккереля? И вообще, может ли великое открытие возникнуть внезапно, на пустом месте? Совершенно очевидно, что ему обязательно должны предшествовать исследования других ученых. И потому нужно внимательно присмотреться к той реальной исторической обстановке, в которую это открытие совершалось.

Так, например, засвечивание фотопластины солями урана наблюдали еще в конце 60-х годов XIX века французские ученые — Н. де Сен Виктор и Л. Арнодон задолго до открытия Беккереля. Характерно, что этими же учеными было установлено влияние солей урана на фотоэмульсию в темноте и на расстоянии. До открытия радиоактивности было, что называется, «рукой подать». Однако час «лучевой эпохи» в физике еще не пробил. Наблюдаемый феномен мог быть правильно истолкован лишь в том случае, если бы знали о существовании катодных и рентгеновских лучей.

Есть и иные, более мрачные примеры. Свечение флюоресцирующего экрана, находящегося вблизи трубки Крукса, до В. Рентгена наблюдал другой немецкий физик Ф. Ленард. Он подробно исследовал природу и свойства катодных лучей, за что получил в 1905 году Нобелевскую премию. Но Ф. Ленард прошел мимо икс-лучей, не понял их колоссального практического значения.

Всю жизнь Ленард потом преследовал Рентгена, оспаривая приоритет открытия у великого ученого. В 30-е годы Ленард вступил в нацистскую партию и организовал травлю и даже физическое уничтожение многих прогрессивных немецких ученых. Дело дошло до того, что в фашистской Германии икс-лучи официально начали именоваться «ленардовыми» лучами.

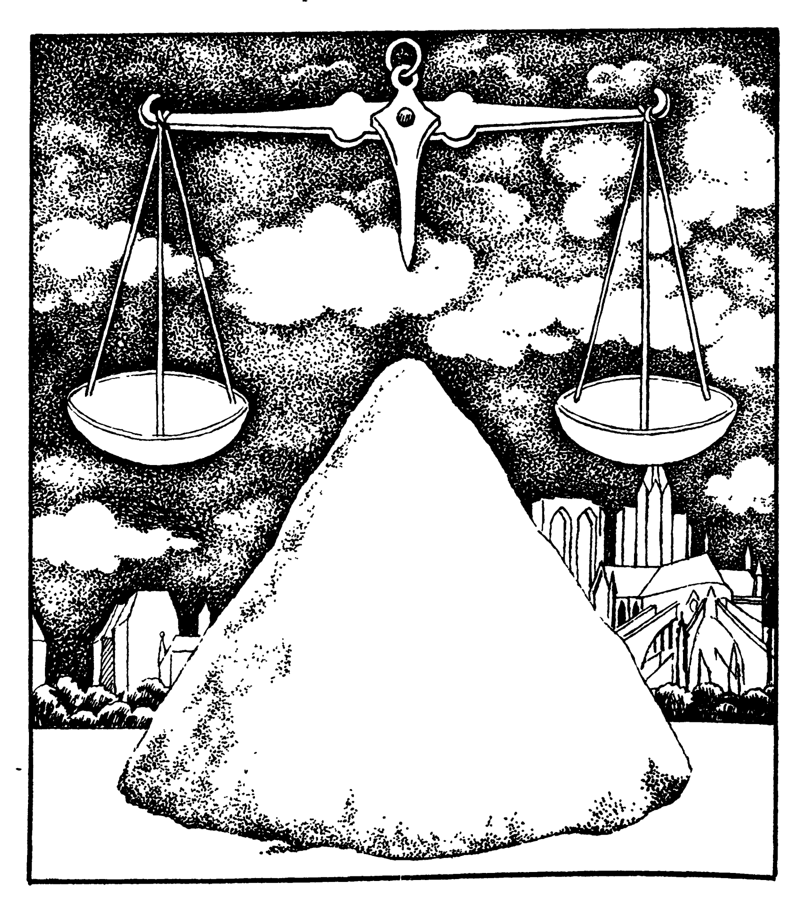
Однако человечество рассудило иначе. Приоритет Рентгена общепризнан, и доказательство тому — существование единого научного термина «рентгеновские лучи».

ОТ РАДИОАКТИВНОСТИ ЕСТЕСТВЕННОЙ К ИСКУССТВЕННОЙ

Каждое великое открытие, как известно, порождает обычно целую цепочку новых оригинальных идей и экспериментов, которые в конечном счете могут породить новое открытие. Что же последовало за открытием естественной радиоактивности?

Раз существует естественная радиоактивность, нужно попытаться получить искусственную — такую задачу поставили перед собой современники Беккереля. Но хватит ли для этой цели известных элементов таблицы Менделеева? И каким инструментом пользоваться для исследования радиоактивности?

Новые задачи порождают новые идеи, а те, в свою



очередь, новые способы их реализации. Французские ученые М. Склодовская-Кюри и ее муж П. Кюри в оборудованной ими на собственные скудные средства лаборатории упорно проникали в тайны урановой руды, полученной из небольшого чешского городка Яхимово. Эта руда имела сложный состав и содержала большое количество известных и в то время элементов: серебро, висмут, барий, свинец и др. Каково же было изумление ученых, когда оказалось, что выделенные ими из руды бариевая и висмутовая фракции также обладают явлениями радиоактивности, хотя чистый барий, как и чистый висмут, сами по себе таковыми излучателями не являются!

Началась гигантская по своим масштабам работа, которую историки охарактеризовали как величайший научный подвиг. Переработав около 8 тонн смоляной руды, супругам Кюри удалось получить всего одну десятую долю грамма нового элемента, который оказался в 20 миллионов раз активнее урана. Этот элемент был назван ими радием, что в переводе на русский язык означает «лучистый». Другой вновь открытый ими элемент, обладающий еще более интенсивным (в 10 миллиардов раз!) чем уран излучением, — был назван полонием в честь Польши — родины М. Склодовской-Кюри.

М. Склодовская-Кюри вошла в историю науки как истинный герой своего времени, чей научный подвиг еще не удалось повторить никому. В 1911 году ей была присуждена вторая Нобелевская премия, на этот раз по химии. До 1934 года она была единственной в мире женщиной — обладательницей столь почетной награды. В 1934 году вторым лауреатом по химии стала ее дочь — И. Жолио-Кюри.

В 1932 году И. и Ф. Жолио-Кюри приступили к очень интересной и уникальной по своей значимости работе. Они взялись повторить опыты своих немецких коллег В. Боте и Х. Беккера. Двумя годами раньше эти два ученых, один из которых (В. Боте) в 1954 году также получил Нобелевскую премию, обнаружили мощное излучение, возникающее при бомбардировке кусочка бериллия альфа-частицами. Это странное излучение обладало такой проникающей силой, что его почти не ослабляла свинцовая пластина толщиной 10 сантиметров!

В то время, наверное, никто не вспомнил, что в 1920 году тогда еще молодой английский физик Э. Резерфорд на заседании Британской ассоциации содействия

развитию наук высказал предположение, которое, как это нередко случается в науке, не было понято и оценено современниками.

Ученый предположил, что в ядре атома — модели, самим же им созданной, — существует некая гипотетическая частица, которая по массе равна протону, то есть ядру водорода (протон также открыл Резерфорд), но в отличие от протона не имеющая заряда. Эту частицу Резерфорд предложил назвать нейтроном. Нейтрон, как мы увидим далее, сыграл решающую роль в развитии ядерной физики и ядерной медицины.

Однако получить экспериментальным путем нейтрон Резерфорду не удалось. Ни пропускание сильного электрического разряда через водород, ни бомбардировка альфа-частицами алюминия не дали желаемого результата. Это удалось сделать лишь ученику Резерфорда — Д. Чэдвику. Сам же Резерфорд еще в 1920 году проницательно писал: нейтроны вследствие отсутствия заряда «должны легко проникать в недра атома (через кулоновский барьер) и могут либо соединяться с ядром, либо распадаться в его интенсивном поле, результатом чего будет, вероятно, испускание ядра водорода или электрона или же обоих одновременно».

Вот уж действительно прав был знаменитый французский физик Л. Бриллюэн, афористически отметив, что «всякая плодотворная гипотеза кладет начало удивительному извержению потока непредвиденных открытий».

Открытие нейтрона позволило немецкому физику В. Гейзенбергу и независимо от него советскому ученому Д. Иваненко создать современную, ныне хорошо известную каждому школьнику теорию строения ядер.

Согласно этой модели, пришедшей на смену модели Резерфорда, ядра состоят из протонов и нейтронов — частиц, имеющих одинаковую массу, но различающихся зарядом: нейтрон нейтрален, протон заряжен положительно. Превращение одной частицы в другую сопровождается испусканием либо положительного, либо отрицательного электрона. Положительно заряженный электрон в дальнейшем получил название позитрона. Одновременно с рождением новых элементарных частиц возникает гамма-излучение.

Поворотным этапом в развитии ядерной физики явилось выдающееся открытие искусственной радиоактивности И. и Ф. Жолио-Кюри. Это открытие послужило основой всей современной ядерной техники, ядерной энерге-

тики и ядерной медицины. Супруги Кюри с целью получения нейтронов облучали альфа-частицами различные элементы. При таком облучении алюминия оказалось, что последний наряду с нейтронами испускает также еще одну частицу — позитрон. Это было новое, ранее не отмеченное никем явление.

В октябре 1933 года в Брюсселе супруги Жолио-Кюри сообщили о своих результатах на Сольвеевском конгрессе. В нем участвовали такие знаменитые ученые, как Э. Ферми, П. Дирак, П. Блэкетт, Н. Бор, Л. Майтнер, Л. де Бройль, В. Паули. На конгресс прибыл Резерфорд со своими учениками, среди которых был советский физик П. Капица.

От нашей страны присутствовал академик А. Иоффе. Председательствовал на конгрессе видный французский физик и общественный деятель П. Ланжевен.

Опыты супругов Жолио-Кюри показали, что при облучении ряда элементов альфа-частицами рождаются новые химические элементы, которые также обладают свойствами радиоактивности. Так впервые появилась возможность получать радиоактивные элементы искусственным путем. В 1934 году авторам, открывшим явление искусственной радиоактивности, была присуждена Нобелевская премия по химии.

А в это же самое время в Италии два талантливых физика Э. Ферми и Э. Сегре пытались с помощью бомбардировки урана нейтронами получить новые заурановые элементы. Работа была ювелирная и, как принято говорить, на грани чистоты опыта. Заметим попутно, что оба упомянутых физика впоследствии переехали в США и сыграли важную роль в создании атомной бомбы. В результате проведенных Ферми и Сегре исследований выяснилось, что вновь образуемые вещества являются не заурановыми элементами, как предполагали ученые, а изотопами уже существующих и хорошо известных элементов периодической системы Менделеева.

В 1937 году Сегре провел оригинальный опыт: бомбардируя нейтронами молибден, он выделил химическим путем в чистом виде технеций. Этот элемент вследствие быстрого радиоактивного распада (период его полураспада всего шесть часов) уже давно исчез с нашей планеты. Впоследствии, правда, в земной коре удалось обнаружить следы этого вещества, которые постоянно возникают при делении встречающегося в природе урана-238.

Сейчас, спустя полвека после открытия Сегре, элемент технеций стал основным радиоактивным нуклидом, который повсеместно применяется в лабораториях ядерной медицины.

Еще один принципиальный шаг на пути становления ядерной медицины сделал американский физик Э. Лоуренс. В 30-е годы он выдвинул идею ускорения элементарных частиц для придания им высоких энергий на специальном аппарате — циклотроне. Вскоре Лоуренс сам воплотил свою идею в жизнь, за что был удостоен в 1939 году Нобелевской премии. Ныне циклотрон — один из основных источников для получения искусственных радиоактивных элементов. Появились даже специальные медицинские циклотроны, которые предназначены для лабораторий ядерной медицины.

ФИЗИКИ БЕЗ ЛИРИКИ

Итак, человечество получило в свое распоряжение естественные, а затем и искусственные радиоактивные нуклиды. Но идея использовать их для исследования человека возникла не сразу. Более того, идея радионуклидной диагностики эволюционировала почти полвека, пока не приобрела современные очертания.

Чем же это объяснить? Ведь известно, что ядерная физика — исключительно динамичная наука. А ядерная медицина, выходит, нет?

Не надо торопиться с выводом. Далеко не всякий радионуклид пригоден для ядерной медицины. Нужны вещества с особыми свойствами. Это первый сдерживающий момент. Кроме того, необходима специальная аппаратура, совсем не похожая на ту, что применяется в физике. Это второй барьер на пути развития ядерной медицины.

Потому-то, чтобы от идеи шагнуть к замыслу, а от него к воплощению радионуклидного метода диагностики, понадобилось несколько десятилетий.

Плодотворная идея радиоактивного метода исследования физиологических функций живого организма возникла почти с самого зарождения нового научного направления. То есть с первых опытов над естественными радиоактивными веществами. Однако отсутствие необходимой технической базы, а главное — подходящих радиоактивных веществ надолго отодвинуло практическую реализацию этой идеи.

В один из осенних дней 1912 года Э. Резерфорд пригласил своего венгерского ученика Д. Хевеши (впоследствии также лауреата Нобелевской премии, ныне медаль Хевеши — одна из наиболее престижных наград в ученом мире) и, показав ему груду хлористого свинца, валявшуюся в подвале лаборатории, сказал: «Вот, займитесь этой кучей. Постарайтесь из соли свинца выделить радий Д».

Но очевидная простота задачи оказалась обманчивой. Как ни пытался Хевеши выделить злополучный радий Д, это ему не удавалось. Тщательный химический анализ неизбежно обнаруживал один и тот же элемент — радий Е, или, по современной терминологии, висмут. Может быть, радий Д вообще неотделим от свинца? Было от чего прийти в недоумение: два различных элемента неотделимы друг от друга! Такого еще не случалось!

Тогда ученый пытался получить радий Д из газа радона, который, в свою очередь, образуется из природного радия. Получив таким образом некоторое количество чистого радия Д и смешав его со свинцом, попробовать затем вновь разделить эти два элемента — вот в чем была суть остроумной идеи Хевеши.

Если этот опыт удастся и в пробирках вновь окажутся свинец и чистый радий Д, значит, первоначальный эксперимент технически несовершенен и нужно искать другие пути к решению задачи. Ну а если союз радия Д и свинца нерасторжим? Что ж, придется создавать новую теорию, ибо объяснить этот факт на базе старых понятий уже нельзя.

Чтобы заполучить необходимое количество радия Д для своих опытов, ученый отправился в Вену. Находившийся там Радиевый институт располагал наибольшим по тем временам запасом радия.

В Вене Хевеши повторил свои опыты, пригласив в них участвовать для большей объективности своего коллегу и друга австрийского химика А. Панета. Но сколько ни бились ученые, меняя условия опытов и отыскивая все более изощренные способы химического анализа, результат оказывался одним и тем же: радий Д и свинец химически не разделимы.

Для Хевеши и Панета стало абсолютно ясно: радий Д и свинец — изотопы одного и того же химического элемента с той лишь разницей, что один из них, более тяжелый, — радиоактивен. Как впоследствии оказалось, тяжелый изотоп свинца, называвшийся ранее «радий Д»,

имеет массовое число 210, тогда как у «традиционного» свинца оно равно 206.

Над этим фактом стоит задуматься, поскольку именно из него вытекает вся идея радиоактивной индикации.

Два изотопа одного и того же элемента, один из которых радиоактивный, ведут себя абсолютно одинаково в химических реакциях. Естественно предположить, что эти изотопы поведут себя идентично также в организме. Следовательно — здесь кульминация идеи! — радиоактивный изотоп можно использовать как метку при изучении поведения его нерадиоактивного собрата.

В 1913 году Хевеши и Панет предложили использовать метод радиоактивной индикации для определения растворимости сульфида и хромата свинца, в 1923 году Хевеши исследовал тем же методом всасывание свинца корешками конского боба. Так впервые радионуклидный метод применили для изучения жизненных процессов.

Однако до широкого внедрения радионуклидной индикации в биологии и тем более в медицине было еще далеко. И главным тормозом служило отсутствие радионуклидов с необходимыми свойствами. Более того, количество существующих радиоактивных веществ в лабораториях ученых было столь незначительным, что о практическом применении радиоиндикации в сколь-нибудь широких масштабах не могло быть и речи.

«Звездный час» радионуклидного метода наступил в 1934 году. Итальянский физик Ферми предложил простой и эффективный способ получения радиоактивных изотопов путем облучения стабильных элементов нейтронами. Это был революционный скачок в ядерной физике.

Во-первых, стало возможным получать самые разнообразные элементы периодической системы Менделеева, радиоактивные изотопы которых в природе не встречаются или же присутствуют, но в ничтожно малых количествах.

Во-вторых, радиоактивных изотопов по способу Ферми можно было получать во много раз больше, чем при использовании альфа-частиц, как предлагали в свое время супруги Жолио-Кюри. Тем самым применение нейтронов сулило коммерчески оправданную технологию получения радиоактивных веществ.

Ферми, удостоенный за свое открытие Нобелевской премии, был вынужден эмигрировать из фашистской Италии. В США, куда он переехал, ученый в 1944 году

запустил первый в мире атомный реактор. Цели, правда, были отнюдь не мирные — шла вторая мировая война, и в обеих противоборствующих группировках интенсивно работали над созданием атомного оружия. Реакторы нужны были в первую очередь для получения начинки атомных бомб.

Вскоре после американского заработал первый советский атомный реактор.

27 июня 1954 года человечество отмечает как день, положивший начало мирному промышленному использованию атомной энергии. Именно в этот день первая в мире атомная станция, спроектированная и построенная в Советском Союзе, начала вырабатывать электрический ток на принципиально новой энергетической основе — ядерном горючем. В настоящее время ядерная энергетика, как мы хорошо знаем, определяет электроэнергетический потенциал всех развитых стран мира.

Итак, к середине 40-х годов, ко времени окончания второй мировой войны, в СССР и США на всю мощь заработали атомные реакторы. В них начали получать, притом сравнительно недорого, искусственные радиоактивные вещества в количествах, достаточных для медицинского применения. С этого времени, то есть с конца 40-х — начала 50-х годов, собственно, и начинает свой путь ядерная медицина.

ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО С ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНОЙ

> Первое открытие всегда заключается в том, что есть вещи, которые надо открывать.
>
> *Д. Томпсон*

Человек, впервые попадающий в лабораторию радионуклидной диагностики, поначалу испытывает недоумение: помилуйте, да где же это я — в медицинском учреждении или в вычислительном центре? В самом деле, повсюду — компьютеры, дисплеи, графопостроители — сплошное царство ЭВМ. Зачем это? И что все это значит?

А значит это только то, что из всех медицинских специальностей ядерная медицина — самая компьютеризированная. Компьютерная технология стала внедряться в нее гораздо раньше, чем в терапию, хирургию, педиатрию или акушерство — фактически уже с начала 70-х годов.

Но для авторитета ядерной медицины это обстоятельство не прошло бесследно. Незаметно, исподволь складывалось тревожное представление о «технизации» медицины и неизбежной утрате ею гуманистических начал. Думается, что для подобных опасений все же нет оснований. Техническая вооруженность врача отнюдь не враждебна его главным профессиональным и человеческим качествам и прежде всего способности сострадать, стремлению облегчить телесные и душевные муки больного.

Несмотря на сложность аппаратов, которые окружают нас в лаборатории радионуклидной диагностики, попытаемся познакомиться с ними, понять принципы их работы и назначение, без этого многое останется неясным в дальнейшем изложении.

Экскурсию по лаборатории, очевидно, лучше всего начать со знакомства с радиометром, первым прибором, который стали применять врачи в ядерной медицине. С помощью этого аппарата один из пионеров радиологии, английский врач Гамильтон, обследовал первых своих пациентов с заболеваниями щитовидной железы.

Внешне радиометр напоминает небольшой настольный радиоприемник. Несколько ручек настройки, инди-

катор, две-три сигнальные лампочки — вот и весь технический арсенал врача. Правда, в самых последних образцах радиометров имеются встроенные микропроцессоры, которые автоматизируют работу прибора.

Радиометр определяет величину радиоактивности различных частей организма человека, а также окружающих нас предметов, которые содержат, как известно, ряд естественных радиоактивных элементов, в основном изотопы радия, тория, калия. Он регистрирует и приходящее к нам из глубин Вселенной космическое излучение.

Как же устроен радиометр?

Главная его деталь — детектор. Он преобразует энергию падающего излучения, бета-частиц, или гамма-квантов, в электрический сигнал.

Самыми первыми детекторами, которые и поныне можно встретить в лабораториях ядерной медицины, были газоразрядные счетчики, известные как счетчики Гейгера—Мюллера. Они представляют собой небольшие стеклянные или металлические трубочки, герметически запаянные и содержащие инертный газ аргон. В центре такой трубочки натянута металлическая нить — анод. Между анодом и корпусом трубочки, который является катодом, приложено высокое напряжение.

В обычных условиях инертный газ, находящийся в счетчике, не пропускает электрического тока, электрическая схема «молчит». Но как только в пространство счетчика попадает ионизирующая частица или гамма-квант, возникает ионизация. Отрицательные ионы — электроны с огромной скоростью устремляются к аноду, разрушая на своем пути встречающиеся нейтральные молекулы. Возникает ударная, или лавинная, ионизация. Лавина электронов за миллионные доли секунды достигает анода. Появляется электрический импульс, который передается затем для дальнейшего анализа в регистрирующую систему.

Вначале, на заре развития ядерной медицины, счетчики Гейгера — Мюллера широко применялись в клинической практике. Они просты, дешевы, надежны и удобны — невелики по размеру. Однако главный их недостаток — невысокая эффективность регистрации излучения. Из каждых 200—300 упавших на счетчик гамма-квантов он зарегистрирует только один, да и то работая «вслепую». Счетчик не различает квантов по их энергии, а это чрезвычайно важно для медицинской практики.

Чтобы повысить чувствительность счетчиков к гамма-

квантам, стали изготовлять их из тяжелого металла — меди или свинца. Но и в этом случае эффективность не удалось поднять выше двух процентов, то есть регистрировать один квант из 50. Такая точность не может удовлетворить даже самого невзыскательного исследователя.

Счетчик Гейгера — Мюллера не только «слеп» по отношению к энергии гамма-квантов, он еще и «нерасторопен»: слишком медленно считает падающие из него кванты: не более 100 в секунду. Это в сотни, в тысячи раз меньше, чем необходимо в современной ядерной медицине. Такая медлительность счетчиков Гейгера — Мюллера станет понятной, если вспомнить, что в них, кроме электронов, образуется большое количество положительно заряженных ионов, частиц тяжелых и движущихся сравнительно медленно, в тысячи раз медленнее электронов. Вот и получается, что газоразрядный счетчик занимается в основном тем, что ждет, когда соберутся на его катоде тяжелые и медленные положительные ионы.

И тем не менее счетчики Гейгера — Мюллера, при всех своих минусах, до сих пор используются в медицине как дешевый и удобный способ контроля радиоактивных загрязнений.

Другой вид детектора — полупроводниковый. Он изготавливается обычно из кремния или германия. Такие детекторы обладают уникальной способностью — не только регистрировать, но и различать гамма-кванты по их энергии. А это значит, что они могут отличать одни радионуклиды от других — ведь для каждого радиоактивного вещества характерно свойственное только ему одному гамма-излучение. С помощью полупроводниковых детекторов стали исследовать состав попавших в организм человека неизвестных радиоактивных соединений, каждое из которых имеет свой спектр гамма-квантов. Еще одно важное отличие полупроводниковых детекторов — их небольшие (до нескольких миллиметров) размеры. Такие детекторы можно закрепить на конце длинного гибкого зонда и вводить в труднодоступные участки человеческого тела — желудок, кишечник, бронхи, полость матки и др., определяя количество скопившегося там радиоактивного препарата. К сожалению, у полупроводниковых детекторов пока еще низкая чувствительность и поэтому их применение в медицине ограничено.

Наряду с полупроводниковыми детекторами в настоящее время широко используются детекторы, основанные на применении сцинтилляционных кристаллов. Сцинтил-

ляционный кристалл способен светиться, как только на него попадает радиоактивное излучение: больше радиации — больше света. Кстати, само слово «сцинтилляция» и означает: «вспышка света».

Эти вспышки, между прочим, наблюдал Резерфорд во время своих знаменитых опытов по рассеянию альфа-частиц еще в начале нынешнего столетия. Однако вспышки были столь малы по силе и столь неопределенны по времени, что использовать их для точного подсчета падающих квантов или частиц не представлялось возможным.

Выход был найден лишь в 1944 году, когда П. Курран и Т. Байкер изобрели фотоэлектронный умножитель — прибор, способный преобразовать световые вспышки сцинтилляционного кристалла в электрические импульсы, которые затем уже можно зарегистрировать различными электроизмерительными устройствами.

В качестве сцинтилляционного детектора используют различные вещества. Это зависит от того, какой вид излучения и в каких условиях необходимо зарегистрировать. Чаще всего в лабораториях радиоизотопной диагностики имеют дело с кристаллами йодистого натрия. Для повышения яркости свечения эти кристаллы активируют другим элементом, например, таллием. Размеры и формы кристаллов могут быть самыми различными. Чаще это диски диаметром от нескольких миллиметров до десятков сантиметров. Иногда детектор собирается из большого количества мелких кристаллов в виде пчелиных сот.

Чтобы зарегистрировать как можно больше гамма-квантов от какого-либо образца, например пробы крови или кусочка ткани, его помещают внутрь кристалла. Для этих целей обращаются к радиометрам со специальными кристаллами, которые имеют в центре глубокую нишу, куда и помещают исследуемый образец.

У всех сцинтилляторов очень короткое время свечения, измеряемое стомиллионными долями секунды. Поэтому сцинтилляторные датчики обладают поистине молниеносной скоростью регистрации, что чрезвычайно важно в современной ядерной медицине.

В лаборатории радионуклидной диагностики мы не увидим, однако, ни сцинтилляционных кристаллов, ни фотоэлектронных умножителей. Все это упрятано в толстые свинцовые блоки, называемые коллиматорами. Они не пропускают к кристаллу ни естественного радиоактив-

ного фона, ни радиоактивного излучения, исходящего от тела человека. Но есть в коллиматоре узкое отверстие, через которое кристалл «видит» радиоактивный объект исследования, например, отдельный орган человека, содержащий радиоактивное вещество. Врач имеет возможность выбирать коллиматор с большим или меньшим отверстием. Вариантов здесь множество — до нескольких тысяч!

Вообще же выбрать нужный для конкретного исследования коллиматор — особое искусство. Здесь от врача требуются и опыт, и знание, и интуиция.

Присмотримся внимательно к работающему радиометру. На его табло высвечиваются две цифры, одна из них указывает время исследования, вторая — величину радиоактивности. Некоторые радиометры имеют выход на печатающее устройство, и в таком виде они напоминают кассовый аппарат, а его «чековая лента» несет сведения о радиоактивности.

КАК ИССЛЕДУЮТ ЩИТОВИДНУЮ ЖЕЛЕЗУ

Итак, радиометр — самый первый прибор, с которого началась ядерная медицина. Но с тех пор прошло уже более 40 лет. А он все еще применяется, и притом весьма часто. В первую очередь, для изучения функции щитовидной железы. С этого органа, собственно, и началась радионуклидная диагностика.

Известно, сколь важна для нашего организма щитовидная железа, сколь велико ее значение для развития нашего организма, его нормальной жизнедеятельности. Заболеваниями щитовидной железы болеют только в нашей стране десятки тысяч человек. И потому поговорим о ней подробнее.

Щитовидная железа чрезвычайно важна в нашей жизни. Ее гормоны, называемые также тиреоидными, влияют на обмен веществ, на поглощение тканями кислорода, на теплообразование в организме. Гормоны щитовидной железы оказывают регулирующее воздействие на другие органы: сердце, печень, почки, головной мозг.

Основная миссия щитовидной железы — поглощать йод из крови, синтезировать тиреоидные гормоны и выделять их в кровь. Неорганический йод попадает в организм с пищей, в среднем около 50—200 микрограмм ежесуточно. Всосавшись в кишечнике, йод затем посту-

пает в щитовидную железу, где принимает участие в образовании гормонов.

В крови эти гормоны соединяются с особым транспортным белком и таким образом доставляются к органам человеческого тела.

Любопытно, что активно воздействует на организм человека лишь ничтожная, приблизительно одна двухтысячная часть тиреоидных гормонов, а именно та, которая находится в свободном, не связанном с белком состоянии.

Управляет щитовидной железой гипофиз, особый придаток головного мозга, глубоко спрятанный у основания черепа. Гипофизом, в свою очередь, командует гипоталамус — отдел головного мозга.

Такая сложная иерархическая система гипоталамус — гипофиз — щитовидная железа, конечно же, является весьма хрупкой и поэтому часто выходит из строя.

Тиреоидные гормоны регулируют рост и формирование нашего организма. При врожденной недоразвитости щитовидной железы замедляется рост человека, возникает умственная отсталость.

Если недостаток функции щитовидной железы обнаруживается у взрослого человека, возникает характерное заболевание эндемический (от греческого — «местный») зоб. По сведениям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), на земном шаре насчитывается около 200 миллионов таких больных. По последним данным, эндемическим зобом болеют 0,19 процента женщин и 0,03 процента мужчин.

В нашей стране это заболевание распространено на Волге, Урале, на Кавказе, в ряде районов Забайкалья и Дальнего Востока, Средней Азии, на Алтае.

Главный признак эндемического зоба — опухолевидное образование на шее, часто приводящее к серьезному косметическому дефекту. Но не только это мучает больного — страдают и другие органы. Причина зоба хорошо известна, и притом давно, еще с начала прошлого века: недостаток йода в пище и воде. Вот почему до сих пор во всех странах широко применяется предложенная еще в 1856 году французскими врачами Г. Шатеном и И. Прево йодная профилактика — введение небольших доз йода в пищевые продукты, например, в соль (йодированная соль).

Тем не менее, несмотря на выявленные причины болезни и энергичные профилактические меры, население

продолжает страдать от этого заболевания. В чем же все-таки дело? На этот вопрос пока еще никто не дал вразумительного ответа.

Другое, более грозное заболевание щитовидной железы — токсический зоб, то есть увеличение железы, которое сопровождается токсикозом. отравлением. Это заболевание всесторонне и ярко описал в 1840 году врач из Мерзебурга Г. Базедов. С тех пор ее иногда называют базедовой болезнью.

Характерен вид таких людей, которых описал Г. Базедов: у них обычно выпуклые глаза, на шее виден узел, образованный увеличенной щитовидной железой, сердце сокращается с большой частотой (тахикардия). Диагноз такого заболевания нередко можно поставить, как говорится, «с ходу», при первом же взгляде на такого человека.

Но, пожалуй, главная его отличительная черта — его характер, манера поведения. Он возбудим, вспыльчив, иногда просто истеричен, неадекватно реагирует на самую простую ситуацию. Не мешает помнить об этом, встречаясь с подобными людьми, и не спешить с выводами относительно дурного характера.

Выполненное советскими специалистами тщательное исследование останков владимиро-суздального князя Андрея Боголюбского, известного своей несдержанностью и агрессивностью, недвусмысленно показали, что князь страдал ярко выраженной формой токсического зоба. Именно в этом разгадка его воинственного поведения, его «блеска глаз» (так утверждали современники).

Исследовать щитовидную железу клиническими методами чрезвычайно сложно: слишком неопределенны и малоинформативны, нередко напоминают другие болезни, а часто и вообще отсутствуют признаки ее заболеваний.

Прорыв в диагностике болезней щитовидной железы был сделан в середине 50-х годов, когда английский врач Е. Поучин предложил оригинальную методику исследования функций этой железы с помощью радиоактивного йода. И поныне, спустя более трех десятилетий, методика Е. Поучина является одной из наиболее распространенных в ядерной медицине.

Суть предложенного метода — его еще иногда называют методом Гамильтона — Поучина, отдавая дань первопроходцу — ученому X. Гамильтону — проста и оригинальна. Раз щитовидная железа для обеспечения своих нужд активно поглощает из организма человека йод,

можно попытаться сыграть на ее жадности: «подсунуть» железе вместо обычного йода радиоактивный.

А, как уже говорилось, и тот и другой ведут себя во всех химических и биологических реакциях абсолютно одинаково.

Для исследования функции щитовидной железы человеку вводится ничтожное количество радиоактивного йода внутрь, обычно в виде таблетки, которую он принимает утром натощак. Поведение радиоактивного йода в организме, коль скоро он излучает гамма-кванты, можно без особого труда проследить с помощью радиометра. Нужно лишь приложить его детектор к интересующей области тела и определить величину радиации.

Проделав такой опыт вначале на здоровых людях, «добровольцах», Е. Поучин установил, что в норме уже через 2 часа в щитовидной железе накапливается около 5—7 процентов введенного радиоактивного йода. Через сутки эта цифра увеличивается, до 20—30 процентов. Если функция железы была повышенной, накопление йода возрастало до 40—50 и более процентов, и наоборот, если функция железы оказывалась сниженной, накопление йода в железе уменьшалось.

У этого очень простого и доступного метода оказалось, однако, много «подводных камней», о которых часто спотыкаются медики.

В эндемических областях, где постоянно не хватает йода — а такие области весьма распространены в нашей стране — щитовидная железа у здоровых людей жадно поглощает йод. Поэтому даже в норме степень поглощения йода щитовидной железой будет повышена приблизительно в 1,5 — 2 раза. Но люди, к счастью, об этом не подозревают, пока не будет проведено радионуклидное исследование. «К счастью» — ибо подавляющее большинство людей, живущих в эндемических областях, никаких неудобств из-за щитовидной железы не испытывают, считают себя здоровыми и правильно делают.

Другую «подножку» методу ставят иногда сами больные, если принимают за несколько дней до исследования какое-либо лекарство, в состав которого входит йод или бром. У таких людей щитовидная железа насытится йодом или бромом, что то же самое, поскольку оба эти элемента ведут себя в организме по отношению к щитовидной железе одинаково: быстро в ней концентрируются. Вот почему при радионуклидном исследовании этих

людей получается искусственно заниженная величина поглощения.

И наконец, самый существенный недостаток теста, связанного с поглощением радиоактивного йода — возможное несоответствие между активностью захвата йода щитовидной железой из крови и непосредственной физиологической активностью выбрасываемых в кровь тиреоидных гормонов.

Преодолеть эти недостатки удалось только в самое последнее время, когда были разработаны методы прямого определения концентрации в крови тиреоидных гормонов.

СКОЛЬКО У ЧЕЛОВЕКА КРОВИ?

Сфера использования радиометра в радионуклидной диагностике необычайно широка и не ограничивается только щитовидной железой. Есть еще несколько интересных аспектов его применения. Один из них — радиометрия проб крови, взятой у человека после введения ему определенных радиоактивных веществ. Для этого нужен всего один миллилитр крови.

Количество крови у разных людей различно. В среднем оно составляет около 4,5—5 литров. При этом около половины ее приходится на жидкость, или плазму, остальное — на форменные элементы: красные и белые кровяные шарики, тромбоциты. Первые называются также эритроцитами, вторые — лейкоцитами.

Главное назначение крови — переносить кислород из легких к органам и тканям нашего тела. Делают это эритроциты. Они насыщаются в легких кислородом во время дыхания, а затем, попадая по ходу кровотока к различным частям человеческого тела, отдают его там, где это необходимо.

Транспортная функция крови как переносчика кислорода очень важна. Ведь кислород активно участвует в происходящем в тканях обмене веществ и тем самым обеспечивает их жизнь.

Даже малейшее снижение насыщения тканей кислородом отрицательно сказывается на их функции. Пример тому — инфаркт миокарда, обескровливание сердечной мышцы, тяжелое, нередко трагически заканчивающееся заболевание.

Известно, что даже кратковременное, в течение нескольких минут, прекращение тока крови через челове-

ческий мозг приводит из-за отсутствия кислорода к необратимым и несовместимым с жизнью последствиям.

И в то же время хорошо знакомы целебные свойства кислорода при самых различных заболеваниях. Сейчас даже возникло целое направление в медицине — гипербарическая оксигенация. При этом лечении больной человек помещается в барокамеру с повышенным содержанием кислорода. В результате высокого давления кровь в избытке насыщается кислородом, который с ее током разносится по внутренним органам. Так лечат самые различные заболевания: ишемическую болезнь сердца, кровоизлияния в головной мозг, гнойные поражения органов, радикулит и многие другие болезни.

У человека часть крови постоянно циркулирует по организму, другая ее часть находится в резерве, депонирована в органах, в основном печени, селезенке, легких и коже.

Количество циркулирующей крови должно быть оптимальным. Если ее больше, чем необходимо, возрастает нагрузка на сердце, что отрицательно сказывается на его функции. Если же меньше, снижается снабжение органов кислородом.

В зависимости от текущих потребностей организма объем циркулирующей крови оперативно регулируется сложными рефлекторными механизмами высвобождения части крови из депо или, наоборот, при снижении потребности — ее депонированием.

При заболеваниях, травмах, кровопотерях общее количество крови может снижаться. При этом происходит одновременное нарушение взаимоотношения циркулирующей и депонированной крови.

Определить, сколько всего у человека крови, трудно, да и вряд ли это необходимо. Гораздо важнее выяснить количество циркулирующей крови, так как именно от него зависит транспортная функция переноса кислорода. Ядерная медицина предоставила в распоряжение врачей простой и доступный метод определения количества циркулирующей крови. Идея метода была сформулирована и экспериментально обоснована в начале 50-х годов французскими исследователями во главе с Ж. Лусьеном.

В основу метода авторы положили принцип разведения. Сначала радиометром точно измеряется радиоактивность небольшого количества, например, одного миллилитра, какого-нибудь радиофармпрепарата, способного

продолжительное время удерживаться в сосудистом русле человека. Такими веществами могут быть радиоактивный белок альбумин или меченные радионуклидом эритроциты.

Измеренный объем радиоактивного вещества вводится человеку в вену. Через несколько минут, после того как радиофармпрепарат полностью смешается с циркулирующей кровью, из вены берут один ее миллилитр и радиометром вновь определяют ее радиоактивность. Сопоставив радиоактивность пробы крови и введенного радиофармпрепарата, можно легко вычислить объем циркулирующей крови.

С помощью меченого альбумина определяют объем жидкой части крови — плазмы, с помощью меченых эритроцитов — объем кровяных шариков.

Для нахождения общего объема циркулирующей крови у человека вовсе нет необходимости определять количество плазмы и эритроцитов. Достаточно найти что-то одно, а общий объем циркулирующей крови вычислить путем элементарного расчета, взяв за основу соотношение у данного больного эритроцитов и плазмы. Это можно сделать очень быстро и просто в исследуемой пробе крови с помощью специального прибора — гематокрита.

Занявшись изучением объема циркулирующей крови у человека, ученые обнаружили многие интересные факты. Было установлено, например, что количество циркулирующей крови возрастает при физических упражнениях, эмоциональном подъеме. Значит улучшается питание наших тканей. И наоборот, угнетенное состояние, снижение двигательной активности человека приводят к уменьшению объема циркулирующей крови и ухудшению тканевого питания.

ДОЛГО ЛИ ЖИВЕТ ЭРИТРОЦИТ!

Говорят, что человек ежегодно полностью обновляется. (Имеются в виду, конечно, его ткани, клетки.)

Это верно, но отчасти. Большинство клеток у человека действительно живет недолго, всего несколько недель и даже дней. Но есть клетки, например, головного мозга, которые живут годы. Установлено, что эритроциты у здорового человека живут около 100 дней, то есть немногим более трех месяцев.

При некоторых заболеваниях крови, таких, как, например, анемия, продолжительность жизни красных кро-

вяных шариков сокращается иногда до 15—20 дней. Естественно, что это приводит к обеднению тканей кислородом и развитию в них болезненных явлений.

В 1942 году английским исследователям И. Хевеши и К. Зерану удалось пометить эритроциты радиоактивным фосфором-32. Такие эритроциты, введенные в организм человека, ничем не отличаются от своих немеченых собратьев и живут по тем же биологическим законам.

Но у них есть одна важная особенность: их в любое время можно распознать по испускаемой ими радиации. Для этого нужно лишь взять у человека пробу крови и поместить ее в радиометр. Есть радиоактивность — есть живые эритроциты. Если же ее нет, эритроциты погибли. Ведь остатки погибших эритроцитов в крови не циркулируют. Они «захораниваются» в селезенке.

Описываемый метод определения продолжительности жизни эритроцитов, разработанный в начале 40-х годов английскими исследователями, до настоящего времени широко используется в гематологической клинике.

Правда, радиоактивный фосфор оказался не вполне удобной меткой. Вместо него чаще применяют предложенный в 1950 году английскими же врачами С. Греем и К. Стерлингом радиоактивный хром-51.

Определение продолжительности жизни эритроцитов — не только гематологическая проблема. Оказалось, что жизнь кровяного шарика чрезвычайно уязвима. Она может сократиться от приема лекарств, алкоголя, наркотиков. Она короче у курящих людей.

Кроме внешних факторов, на продолжительность жизни эритроцитов оказывают влияние внутренние причины. У пожилых лиц эритроциты живут меньше, чем у молодых. Существует особое заболевание, называемое гемолитической анемией (гемолиз — разрушение эритроцитов), при котором по неизвестным пока нам причинам эритроциты разрушаются очень быстро, не прожив и двух-трех недель.

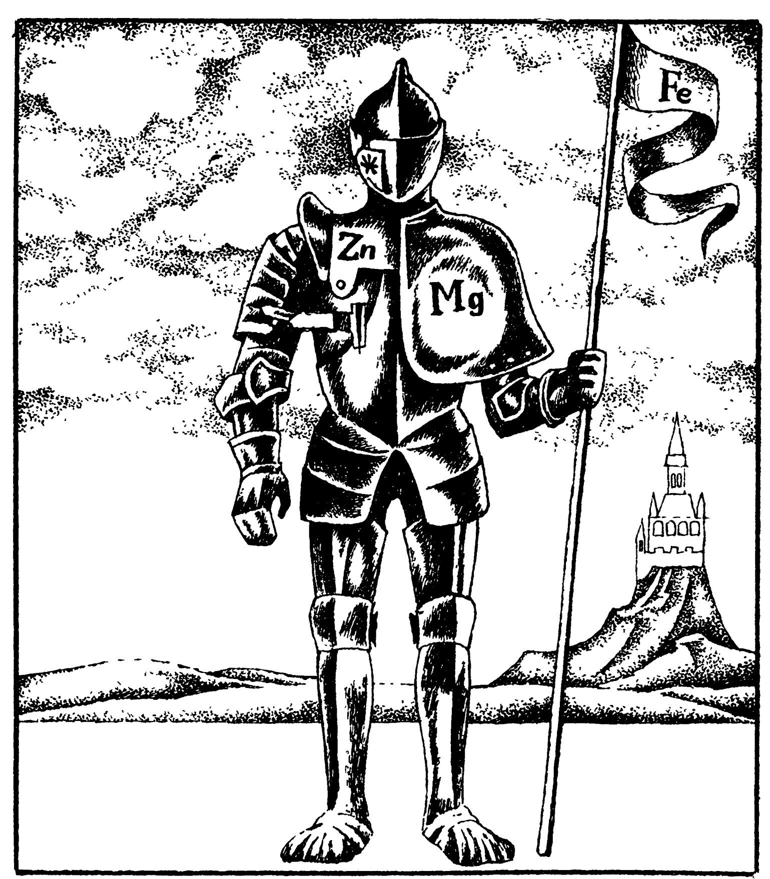
«ЖЕЛЕЗНЫЙ» ЧЕЛОВЕК

Про человека, у которого сильный характер, большая воля и твердые убеждения, говорят, что это «железный» человек, придавая этому выражению иносказательный смысл. Это выражение может носить и букваль-

ный смысл, если вспомнить, что в человеке весьма много элемента железа.

Понятие «много», когда мы говорим о металлах, находящихся в нашем организме, весьма относительно. Речь идет о десятых, сотых долях грамма и только в редких случаях — о граммах. В организме взрослого человека, например, содержится около 20 миллиграммов марганца, 200 миллиграммов меди, 2 грамма цинка. На этом фоне количество железа довольно большое — 5 граммов.

Железо принимает активное участие в жизнедеятельности нашего организма. Основная его часть, около 70 процентов, заключена в эритроциты и обеспечивает перенос кислорода. Десятая часть железа сосредоточена



в мышцах. Оставшаяся пятая часть железа неактивна. Она глубоко упрятана в наших органах, в основном в печени, и составляет наш резерв.

Суточная потребность в этом металле невелика, всего 10—30 миллиграммов. Основными его поставщиками являются фасоль, гречневая крупа, печень, мясо, овощи, фрукты, хлебопродукты.

Железо поступает в организм при всасывании продуктов пищеварения в кишечнике. Попав в плазму крови, оно либо утилиризуются в депо, либо переходит в эритроциты или мышцы. Часть железа выводится из организма.

При многих заболеваниях крови, а также ряде других болезней, например, инфекционных, злокачественных, почечной и печеночной недостаточности, при хронических кровопотерях, нарушается круговорот железа — его всасывание, перенос и депонирование.

Радионуклидный метод позволяет изучить все стороны обмена железа: его всасывание в желудочно-кишечном тракте, исчезновение из плазмы, появление в эритроцитах и отложение в депо.

В последние годы ряд лабораторий радионуклидной диагностики начали оборудовать специальными низкофоновыми камерами для определения радиоактивности всего тела. Они представляют собою небольшое помещение, в котором располагается пациент во время исследования. Стены помещения сделаны из специального толстого защитного материала, который резко ослабляет естественный гамма-фон.

В таком помещении находятся сразу несколько радиометров, каждый из которых просматривает свою, отведенную ему часть человеческого тела. В сумме же все аппараты определяют общую радиоактивность человека, как бы мала она ни была и где бы она ни находилась. Исследовать всасывание радиоактивного железа в низкофоновой камере просто и удобно.

Через несколько дней после того, как пациент принял радиоактивный элемент, его помещают в низкофоновую камеру и определяют величину радиоактивности. Она соответствует количеству всосавшегося железа. Узнать, сколько у человека депонируется железа, также несложно. Для этого радиоактивный элемент вводят в вену, а затем радиометром исследуют области предполагаемого сосредоточения препарата: печень, сердце, костный мозг. Именно здесь депонируется основное количество железа.

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ ЗА СЫРУЮ ПЕЧЕНЬ

Когда в крови уменьшается количество красных кровяных клеток — эритроцитов, в диагнозе появляется грозное слово «анемия». В группе анемий есть болезнь исключительно опасная. Ее так и обозначают — пернициозная (то есть губительная) анемия. Но погибели, оказывается, можно все-таки избежать, причем довольно простым способом: включить в состав пищи немного сырой печени.

До этого времени заболевание, о котором идет речь, считалось неизлечимым.

Мучения подкрадывались незаметно. Сначала возникала слабость, быстрая утомляемость, появлялась одышка. Нередко обнаруживались нервные и психические нарушения. Это и не удивительно. Ведь из крови человека неотвратимо исчезали эритроциты — основные переносчики кислорода. Как ни пытались ученые остановить этот процесс — все было безрезультатно. Эритроциты прогрессирующе разрушались.

В 1926 году два американских врача-гематолога У. Мерфи и Д. Майнот натолкнулись на необычный факт. Группу из 45 больных пернициозной анемией они держали на специальной диете, в состав которой была включена сырая говяжья печенка. Прошло несколько недель, затем месяцев. Все больные не только остались живы, но поправились, стали себя хорошо чувствовать. Исчезли клинические признаки болезни. Восстановилось количество эритроцитов. Вывод напрашивался сам: в печени животных содержится что-то такое, что задерживает разрушение эритроцитов у больных пернициозной анемией.

Что это за вещество? Какова его природа? Находится ли оно только в печени животных или его можно найти и в других органах? Как его выделить в чистом виде?

Этот и другие вопросы, конечно же, сразу встали перед научным миром. Но все попытки ответить на поставленные вопросы оказывались тщетными.

А пока ученые докапывались до сути болезни и пытались понять достоинства сырой печени, медики всего мира начали широко использовать схему лечения американских ученых: диета плюс сырая печень.

В 1934 году У. Мерфи и Д. Майноту совместно с еще одним американским ученым Дж. Уипплом за разработ-

ку метода лечения пернициозной анемии сырой говяжьей печенью была присуждена Нобелевская премия.

В 1929 году профессор Бостонского университета в США У. Касл выдвинул оригинальную идею о существовании в желудочном соке здоровых людей биологически активного вещества, названного им условно «внутренним фактором», который при взаимодействии с пищей, в частности с каким-то гипотетическим, находящимся там «внешним фактором», образует комплексное соединение, способное задерживать разрушение эритроцитов.

Итак, существовал апробированный способ лечения грозного заболевания, имелась удобная рабочая гипотеза. Но что это за «внешний фактор», который в избытке находится в сырой говяжьей печени?

На этот вопрос в 1948 году ответили два других ученых из США, Е. Смит и Е. Риккес, выделив из печени в чистом виде вещество, которое они назвали цианокобаламин. Ныне оно хорошо известно широкому кругу медиков (и не только медиков) как витамин B_{12}.

Этот препарат широко применяется как в лечении пернициозной анемии, так и многих других заболеваний.

Специалисты по радионуклидной диагностике внесли и продолжают вносить большой вклад в изучение пернициозной анемии. Им удалось пометить витамин B_{12} радиоактивным кобальтом-58.

Имея в своем распоряжении меченый витамин B_{12}, нетрудно изучить, как он всасывается в кишечнике. Для этого нужно лишь дать человеку небольшую порцию пищи, содержащую радиоактивный препарат, и затем понаблюдать за ним несколько дней в низкофоновой камере.

Если радиоактивность тела не будет снижаться — все нормально. Меченый витамин всасывается в кишечнике. Если же по прошествии нескольких дней радиоактивность человека катастрофически падает — это сигнал тревоги. Витамин B_{12} транзитом проходит через кишечник, не усваиваясь в нем. Это и есть заболевание, именуемое пернициозной анемией.

ДИАГНОЗ ПО КАПЛЕ КРОВИ

Маленьким ключиком можно открыть большой сундук.

Расул Гамзатов

Париж. 29 августа 1982 года. Во Дворце конгрессов открывается III Международный конгресс по ядерной медицине. Президент конгресса К. Келлершон после официальной церемонии открытия объявляет первый научный доклад. И зал взрывается аплодисментами.

Так научный мир приветствовал американскую исследовательницу Р. Ялоу, нобелевского лауреата 1977 года, одного из создателей принципиально нового направления в медицинской диагностике — радиоиммунологического анализа. В 1978 году Р. Ялоу была удостоена еще одной почетной награды — медали Хевеши.

Чем же привлек новый метод диагностики?

Все дело в том, что он позволяет обнаруживать и измерять присутствие в крови биологически активных веществ, находящихся там в ничтожно малых, или, как говорят химики, исчезающих концентрациях. А такого рода веществ, оказывается, очень много. Это всевозможные гормоны, ферменты, аминокислоты. Концентрация их в крови человека поистине ничтожна — всего несколько миллионных долей грамма на литр.

При различных болезнях, например, при гипертонии, раке или инфаркте миокарда, в организме человека появляются характерные для этих заболеваний вещества. Их называют маркерами. Концентрация маркеров столь же ничтожна, как и гормонов: буквально единичные молекулы в миллилитре крови.

Еще одна цель радиоиммунологического анализа — определение особых гормонов в организме беременной женщины. По ним можно судить о том, как протекает беременность, как формируется плод, нет ли каких-либо нарушений в развитии будущего ребенка.

С помощью радиоиммунологического анализа можно определить концентрацию в крови лекарственных веществ, вводимых в организм с лечебной целью, и тем самым контролировать процесс лечения.

С ЧЕГО НАЧИНАЛСЯ РАДИОИММУНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Принципиальные основы нового метода диагностики были разработаны в начале 60-х годов в двух научных центрах: в Нью-Йорке Р. Ялоу и С. Берсоном и в Лондоне Р. Экенсом.

До этого времени врачи могли судить о количестве интересовавших их веществ лишь косвенно, с помощью главным образом биологического эксперимента на животных, очень хлопотного, малодоступного, да к тому же еще и весьма неточного.

Радиоиммунологический анализ поражал своей исключительной точностью, не говоря уже о его доступности для большинства практических лечебных учреждений. Привлекательна и возможность полной автоматизации всех исследований, включая компьютерную обработку полученных результатов.

В чем же все-таки сущность радиоиммунологического анализа? Как известно, иммунология изучает молекулярные, клеточные и общефизиологические реакции организма на различные чужеродные вещества, которые иначе именуют антигенами.

Чаще всего ими оказываются белки, вирусы, микробы, бактерии.

Если антиген попадает в организм человека, там начинают вырабатываться специфические белки — антитела. А они обладают удивительным свойством — отыскивать среди множества клеток и в безбрежном море жидкостей нашего организма проникшие в него антигены и объединяться с ними, образуя более или менее устойчивые комплексы. Антиген при этом теряет значительную часть своей активности. Таким образом, антитела являются по существу мощной защитной силой нашего организма, как бы принимающей на себя чужеродные вещества.

Каким же путем шли в своих опытах Р. Ялоу и С. Берсон, создавая радиоиммунологический метод диагностики?

Предположим, что какому-нибудь животному, например кролику, ввели антиген, ну хотя бы инсулин — гормон, вырабатываемый поджелудочной железой человека. Инсулин, как известно, играет ключевую роль в обмене глюкозы, обеспечивая постоянство внутренней среды нашего организма. Когда у человека снижается продукция инсулина, возникает тяжелое заболевание — сахарный диабет.

Введение антигена инсулина в организм кролика обязательно вызовет реакцию — образование специфических антител, способных связываться с молекулами этого гормона. Примечательно, что способность антител, находящихся в крови кролика, связываться с антигеном — инсулином сохраняется и в том случае, если кровь животного помещена в пробирку.

Это свойство антигена «захватывать в плен» специфические, то есть характерные именно для данного антигена антитела, и было положено в основу радиоиммунологического анализа. Заслуга авторов метода состояла также в том, что они смогли пометить антиген радиоактивным нуклидом, иными словами, получить меченый антиген, и разработать способ количественного определения концентрации комплексов антитело — меченый антиген.

Идея радиоиммунологического метода определения концентрации инсулина в крови человека проста и остроумна. В пробирку помещают немного крови животного, содержащей антитела к инсулину. Такая кровь называется антисывороткой. Сюда же добавляют жидкость с меченым антигеном — инсулином и кровь обследуемого пациента, в которой необходимо определить концентрацию этого же антигена — инсулина. Естественно, что инсулин, находящийся в крови пациента, радиоактивной метки не содержит.

После того как в пробирке смешались все три жидкости — антисыворотка, меченый антиген и немеченый анген (кровь пациента), начинается реакция связывания обоих антигенов с антителами. Понятно, что чем больше находилось в крови пациента инсулина, то есть немеченого антигена, тем меньше останется свободных антител для связи с радиоактивным меченым антигеном.

Когда жидкости полностью прореагировали между собою, приступают к разделению продуктов реакции. Бобее тяжелые комплексы антиген-антитела осаждаются при центрифугировании или на специальных биологических фильтрах. Более легкие остатки реакции — несвязавшиеся антигены — удаляются.

Если теперь в радиометре подсчитать радиоактивность осажденных продуктов реакции и сопоставить их с жидкой частью, можно точно определить количество немеченого антигена — инсулина. Зная же, какой объем крови больного был взят для анализа, нетрудно вычислить концентрацию искомого антигена — инсулина.

Теперь остается определить радиоактивность осадка, в котором скопились более тяжелые радиоактивные комплексы антиген-антитела.

Эту работу быстро и эффективно выполняют специальные автоматы — радиометры, снабженные небольшим компьютером. Через несколько минут работы такого прибора на бумажной ленте печатаются окончательные результаты, показывающие, какова концентрация в крови того или иного вещества.

Разработка радиоиммунологического анализа произвела эффект разорвавшейся бомбы в медицинской диагностике. Врачи получили в свое распоряжение уникальный метод: быстро и точно определять концентрацию в крови биологически активных веществ. Р. Экенсом в Лондоне были созданы наборы жидкостей для определения гормонов щитовидной железы. Затем появились наборы реактивов для анализа гормонов гипофиза, яичников.

Вскоре настала очередь ферментов, маркеров злокачественных опухолей — своеобразных вестников этого грозного заболевания. В середине 70-х годов радиоиммунологическим методом начали диагностировать многие аллергические заболевания: бронхиальную астму, сенную лихорадку.

Ныне врачи могут определять с помощью радиоиммунологического анализа свыше 150 веществ. Но и это не предел. Триумфальное шествие метода продолжается, и сейчас трудно предсказать рамки, которые как-то ограничат возможности такой «пробирочной» радионуклидной диагностики.

Роль радиоиммунологического анализа в развитии медицины последних лет трудно переоценить. Можно сказать, что такие медицинские науки, как эндокринология, педиатрия, онкология, акушерство в значительной степени претерпели эволюцию, испытав влияние радиоиммунологического анализа.

ПРОХОДНОЙ БАЛЛ ПЕРВОПРОХОДЦЕВ

Инсулин был первым гормоном, который начали определять радиоиммунологическим методом. Это означает, что открылись новые возможности в диагностике сахарного диабета. Но отсюда вовсе не следует, что проблема сахарного диабета решена.

Р. Ялоу и С. Берсон выбрали гормон инсулин в качестве первого объекта для радиоиммунологического ана-

лиза отнюдь не случайно. Инсулин принадлежит к тем гормонам, которые оказались в сфере не только медицинских, но и социальных интересов. Дело в том, что некоторые формы сахарного диабета требуют постоянного введения в организм человека этого гормона. Без поддерживающих доз инсулина ряд людей существовать просто-напросто не может.

Сахарный диабет чрезвычайно распространен. Им болеют 1—2 процента населения нашей планеты (по другим данным даже 2—4 процента). Иными словами, в миллионном городе приблизительно 20—40 тысяч человек нуждаются в постоянном контроле, специальной пище, специальных сортах хлеба, заменителях сахара и т. д., а многие из них — в ежедневных поддерживающих дозах инсулина.

Больные сахарным диабетом требуют особого внимания от общества. Недаром в некоторых странах созданы специальные клубы больных диабетом, за рубежом даже издается журнал «Диабет» типа нашего популярного журнала «Здоровье». Для организации специального питания больных сахарным диабетом в нашей стране создана широкая сеть диетических магазинов.

Сахарный диабет известен с древних времен. Уже в египетском папирусе, датируемом XVII веком до нашей эры, упоминается заболевание, протекающее с выделением большого количества мочи. Это так называемый папирус Эберса — по имени немецкого египтолога и писателя Г. Эберса (1837—1897), нашедшего и опубликовавшего в 1875 году столь ценный исторический документ.

В 1756 году М. Добсон обнаружил при этом заболевании в моче сахар. Однако прошло более ста тридцати лет, прежде чем Дж. Меринг и О. Минковский установили в 1889 году, что причиной сахарного диабета является поражение поджелудочной железы.

В 1901 году русский ученый Л. Соболев впервые экспериментально доказал, что поджелудочная железа выделяет в кровь особое вещество, регулирующее обмен углеводов. Недостаток этого вещества, названного впоследствии инсулином, приводит к развитию сахарного диабета. Инсулин был выделен в чистом виде в 1921 году канадским физиологом Ф. Бантингом, за что ему и профессору Дж. Маклаузу в 1923 году была присуждена Нобелевская премия.

Таким образом сахарный диабет уже давно привлекал к себе пристальное внимание. Но принципиальный но-

вый и важный скачок в изучении этого заболевания был сделан именно в 60-е годы, когда родился радиоиммунологический метод количественного определения инсулина в крови человека.

До него о состоянии клеток поджелудочной железы, вырабатывающих инсулин, судили только по специальному нагрузочному тесту: сначала у больного определяли количество сахара в крови. Если его концентрация высокая, диагноз был ясен — сахарный диабет.

Если же концентрация сахара нормальная, а клинические признаки заболевания налицо, больному давали стандартную порцию сахара (50 граммов) и затем определяли количество сахара в крови повторно — через 1 и 2 часа.

У здоровых людей прием такого количества сахара вызовет кратковременное повышение его концентрации в крови, но довольно скоро положение стабилизируется.

У больных сахарным диабетом концентрация сахара и крови при подобной нагрузке долгое время будет оставаться высокой.

Конечно, описанный тест лишь косвенно позволял судить о работе поджелудочной железы. Гораздо важнее получить сведения непосредственно о концентрации инсулина в крови больного человека. Их-то и обеспечил радиоиммунологический анализ.

Правда, иногда этот весьма достоверный метод не срабатывал. Дело в том, что у ряда лиц, страдающих сахарным диабетом, многолетнее повторяющееся введение лечебных доз инсулина вызывает образование антител к нему. Лечебный эффект от введения инсулина начинает падать, поскольку происходит инактивация этого вещества. Так как в крови больного находится много антител к инсулину, она становится непригодной для радиоиммунологического анализа. Вспомним, что в основе радиоиммунологического анализа лежит реакция связывания инсулина с внешними антителами, полученными при иммунизации животных.

Такая тупиковая ситуация продолжалась до тех пор, пока не был открыт еще один гормон, продуцируемый поджелудочной железой — С-пептид. Его роль в организме до сих пор не ясна. Мы знаем только, что он, как и инсулин, образуется в поджелудочной железе. Но зачем? Вопрос пока остается открытым.

Зато нам известно другое. С-пептид вырабатывается в таких же концентрациях, как и инсулин. Следовательно,

если в крови диабетиков инсулина мало, то также мало должно быть и С-пептида.

А раз так, у таких больных для исследования поджелудочной железы можно вместо инсулина определять концентрацию С-пептида. В особенности у тех больных, которые долго лечились инсулином, и в их крови поэтому уже содержатся антитела к нему.

После кропотливых изысканий в середине 70-х годов удалось, наконец, получить первые лабораторные наборы для радиоиммунологического определения С-пептида. В распоряжении врачей оказался еще один важный диагностический метод.

Радиоиммунологический анализ оказался весьма эффективным и в диагностике другого довольно частого заболевания — панкреатита (воспаления поджелудочной железы). Бессистемное, нерегулярное питание, частое употребление острой и жирной пищи, особенно сдобренной алкоголем, неизбежно рано или поздно приводит к развитию хронического панкреатита.

Распознать панкреатит очень трудно, клинические признаки болезни и лабораторные данные неспецифичны. И вот здесь-то свое слово сказал радиоиммунологический анализ. Дело в том, что наряду с инсулином и С-пептидом он определяет еще одно биологически активное вещество в крови — трипсин. Последний вырабатывается поджелудочной железой и играет ключевую роль в переваривании пищевых белков — основного строительного материала нашего организма.

ПРОСТОЕ РЕШЕНИЕ НЕПРОСТЫХ ВОПРОСОВ

Мы уже познакомились с радионуклидным исследованием функции щитовидной железы, с методом определения захвата ею радиоактивного йода. Недостатки такого метода налицо: интенсивность захвата, или поглощения, органом не есть еще его функция. Кроме того, радиоактивный йод, даже в небольшом количестве, не безразличен для человека, особенно для ребенка.

Интересные и важные для диагностики сведения были получены радиоиммунологическим методом при непосредственном определении концентрации в крови гормонов щитовидной железы. Этот метод позволил не только количественно охарактеризовать функциональную активность щитовидной железы, но и подробнее проанализировать продукцию различных гормонов железы.

В последние годы был синтезирован новый класс химических веществ, обнаруженных первоначально у человека в головном мозге. Эти вещества получили название рилизинг-факторов. С их помощью через придаток головного мозга, гипофиз, регулируется вся многогранная деятельность эндокринной системы.

Если такие вещества в небольшом, безвредном количестве ввести в организм человека, то можно по изменению концентрации гормонов определить функциональные резервы эндокринной системы, степень ее повреждения в результате болезни.

Новое и неожиданное применение нашел радиоиммунологический анализ в диагностике одного из наиболее тяжелых заболеваний — врожденного гипотиреоза, то есть врожденной недостаточности щитовидной железы. Отсутствие необходимого количества гормонов щитовидной железы неизбежно приводит к умственной отсталости ребенка. Беда усугубляется еще и тем, что когда эта отсталость в умственном развитии выявилась, помочь такому ребенку, увы, уже невозможно.

Значит, нужно разобраться с состоянием щитовидной железы как можно раньше, в первые же дни после рождения, а выявив такое уродство, снабжать ребенка недостающими гормонами щитовидной железы.

Нужно сказать, что подобное врожденное заболевание не такая уж большая редкость. В среднем в мире оно поражает одного из 4 435 новорожденных детей.

Для выявления врожденного гипотиреоза в Швеции в начале 70-х годов был разработан специальный способ. На второй или третий день после рождения ребенку тонкой иглой делают укол в пятку. На промокательную бумагу собирают каплю крови и запускают эту бумажку в автоматическое устройство для радиоиммунологического анализа. На следующий день результат готов: точно определена концентрация гормонов щитовидной железы. Если будет выявлена недостаточность щитовидной железы, дальнейшие действия врача просты и понятны — назначить такому ребенку упомянутые гормоны.

Радиоиммунологическая диагностика пришла на помощь и лицам, которые перенесли операцию щитовидной железы.

Дело в том, что при избыточном ее развитии или образовании опухолей необходимо обратиться к хирургу и удалить часть железы. Но как бы ни был искусен хирург, какой бы ювелирной техникой он ни обладал, 100-про-

центной точности достичь почти невозможно: всегда есть опасность, что количество оставшейся у человека железы будет либо больше, чем это необходимо для нормальной жизнедеятельности, либо, наоборот, меньше.

В обоих случаях это сопряжено с тягостными ощущениями больного, которые могут даже свести на нет хирургическое лечение.

Вот у таких-то больных и можно получить с помощью радиоиммунологического анализа точную информацию о функциональной активности оставшегося кусочка железы и на основании этого назначить правильное и своевременное лечение.

«СТРАННЫЕ» БОЛЕЗНИ

Когда говорят об успехах какой-нибудь науки, ссылаются на то, какие тайны природы, ее законы удалось раскрыть и понять. При этом наряду со списком изученных явлений и решенных проблем столь же неизбежно растет и список проблем новых, нерешенных, рожденных в ходе развития самой науки. И процесс этот бесконечен, ибо мир неисчерпаем и познание его не знает границ.

Все это относится и к медицине. В ее активе — раскрытие причин и отыскание способов борьбы с сотнями болезней. А во многих регионах земного шара ряд болезней вообще исчез. Однако — вот парадокс! — по мере своего развития и вооружения новейшей техникой медицина открывает все новые и новые заболевания, так что число болезней в мире растет. И вот появился термин: «странные болезни».

Это буквальный перевод греческого термина «атопия» (atopia). Атопические болезни сейчас превратились в серьезнейшую проблему.

Термин предложил в 1922 году американский исследователь А. Кока. «Странные болезни» передаются по наследству. В основе их — повышенная чувствительность, или аллергия, к различным веществам: пыльце, пыли, пищевым продуктам, инсектицидам и др. Таких веществ, называемых аллергенами, насчитываются сотни.

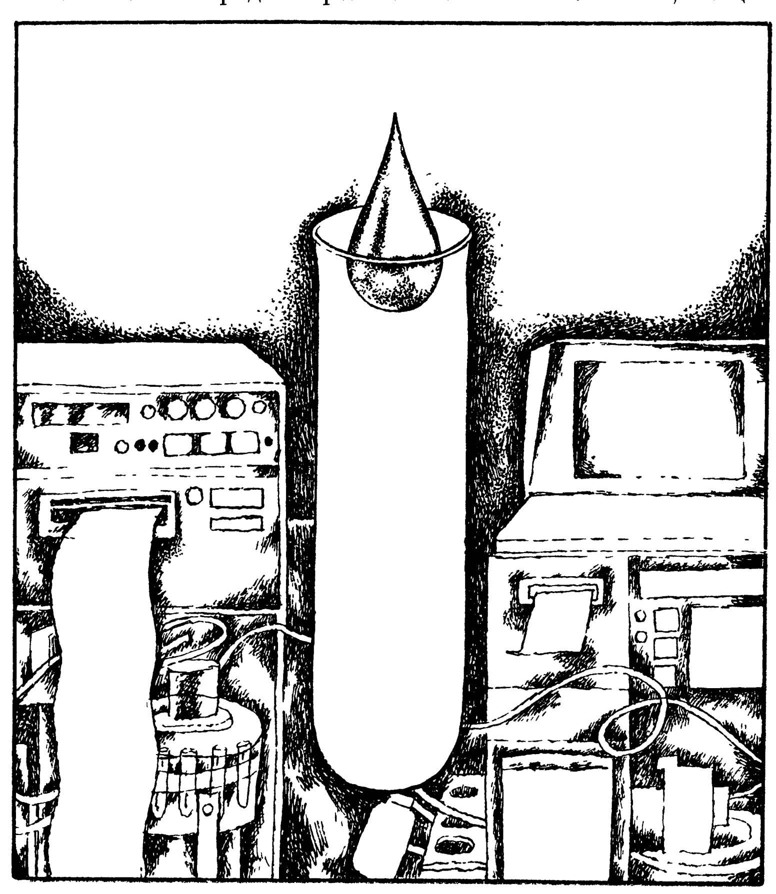
По данным мировой статистики, от атопических болезней страдают 6—10 процентов населения Земли. В некоторых странах, например, в Швеции, этот показатель еще выше — 15 процентов.

С аллергическими заболеваниями человечество знакомо давно. Еще великий древнегреческий врач, реформа-

тор античной медицины Гиппократ (460—377 годы до нашей эры) описал, как организм не переносит некоторые пищевые продукты, что выражается в крапивнице и желудочных расстройствах. Римский врач Гален (около 130 — около 200 года до нашей эры) сообщил о насморке от вдыхания запаха розы.

В 1819 году лондонский врач Дж. Босток описал заболевание, которым страдал сам, назвав его сенной лихорадкой. Спустя полвека Ч. Блекли доказал, что причиной этой болезни является пыльца растений: деревьев (дуб, вяз, береза, ель, сосна и др), кустарников, дикорастущих (пырей, овсяница, лисохвост и др.) и культивируемых (рожь, кукуруза) злаков.

Сенная лихорадка проявляется сезонно: летом, чаще



осенью внезапно возникают приступы мучительного чихания с обильными жидкими выделениями из полости носа, слезоточивость, боли в ушах, глотке. Сопровождается головной болью, слабостью, повышением температуры тела.

Сенная лихорадка поражает 3,2 процента (Англия), 19, 2 (США) и даже 39,1 (Мексика) (!) процента всего населения.

Еще одно заболевание, имеющее отношение к предмету нашего разговора — бронхиальная астма, точнее ее аллергические формы. По данным Всемирной организации здравоохранения, это заболевание встречается у 2,3 процента жителей США, 0,7 процента датчан. В нашей стране заболеваемость бронхиальной астмой различна и колеблется от 0,1 до 0,5 процента.

Как проявляет себя бронхиальная астма, хорошо известно: внезапно возникают приступы одышки, которые переходят в удушье. В тяжелых случаях, если не принять экстренных мер, такие приступы могут привести к гибели больного.

Исследования последних лет, проведенные многими учеными мира, позволили установить, что в основе всех атопических заболеваний лежит один и тот же наследственно передаваемый механизм — повышенное содержание в крови человека белковых веществ — антител. Эти антитела называют иммуноглобулинами.

Из всех классов открытых иммуноглобулинов — С, А, М и Е — для нас наибольшее значение имеет последний. Именно иммуноглобулины класса Е ответственны за развитие аллергической реакции на воздействие аллергенов.

Оказалось, что у лиц с атопическими заболеваниями концентрация в крови иммуноглобулинов класса Е в несколько сот и даже тысяч раз выше, чем у здоровых людей. Но и эти, так называемые «высокие» концентрации, столь ничтожны по абсолютным значениям, что определить их точно в крови больных людей всеми существующими методами до последнего времени не представлялось возможным.

И тогда на выручку медикам пришел радиоиммунологический анализ. Из пальца ребенка или взрослого человека берут каплю крови и переносят на специальную бумагу. Далее бумагу обрабатывают необходимыми растворами, содержащими радиоактивное вещество, и через несколько часов результат готов.

Точное знание концентрации иммуноглобулинов клас-

са Е в крови детей позволяет выделить среди них тех, кому грозят атопические заболевания. Эти дети составляют «группу высокого риска», они требуют специального ухода, строгого и постоянного диспансерного наблюдения.

Дальнейшее развитие методики радиоиммунологического анализа позволило создать не только простые и эффективные методы определения концентрации в крови иммуноглобулинов класса Е, но и выявлять предрасположенность людей к аллергическим реакциям на конкретные раздражители, например, шерсть кошки, собаки, ковровую или книжную пыль и др.

В последнее время наметилась еще одна перспектива радиоиммунологического анализа — определение повышенной чувствительности к лекарствам. И здесь в первую очередь следует сказать о пенициллине.

Целебные свойства пенициллина хорошо известны. Об увлекательной истории его открытия созданы кинофильмы, написаны книги. Этот антибиотик, как известно, открыл в 1929 году английский микробиолог А. Флеминг. В дальнейшем группе ученых из Оксфорда под руководством Г. Флори и Е. Чейна удалось выделить пенициллин в очищенном виде и устойчивой форме. За эти открытия всем трем ученым в 1945 году была присуждена Нобелевская премия.

В СССР работы по изучению пенициллина были начаты в 1942 году под руководством профессора З. Ермольевой. А уже в 1943 году было организовано промышленное производство отечественного препарата.

В январе 1944 года в Москву приехал Г. Флори. Он привез с собою англо-американский пенициллин и раствор специального микробного препарата (так называемый тест-штамм № 209, ставший впоследствии международным стандартом) для испытания эффективности воздействия антибиотика.

В хирургической клинике профессора И. Руфанова сравнительные исследования на больных советского и англо-американского пенициллина показали, что отечественный препарат почти в 10 раз эффективнее зарубежного.

Пенициллин спас многие тысячи раненых бойцов во время Великой Отечественной войны. Да и по сей день он является незаменимым средством против многих инфекций.

К сожалению, однако, выявились и негативные сто-

роны пенициллина. Оказалось, что введение лекарства может вызвать побочные реакции, которые носят аллергический характер. И частота этих реакций довольно велика — от 0,6 до 16 процентов, причем среди них встречаются тяжелые случаи — 0,01—0,3 процента и даже смертельные — 0,001—0,01 процента.

Что же делать? Прекратить применение пенициллина? Но тогда люди будут умирать от инфекций!

Выход нашли специалисты по ядерной медицине. В конце 70-х годов были изготовлены первые наборы для радиоиммунологического анализа, позволяющие определять концентрацию в крови специфических антител к пенициллину. И теперь при малейшем подозрении на высокую чувствительность к этому препарату, прежде чем его вводить в организм, можно по капле крови установить, как организм человека будет на него реагировать.

БОЛЕЗНЬ XX ВЕКА

Когда говорят о болезнях века, обычно имеют в виду прежде всего инфаркт миокарда. Утверждают, что он плата за цивилизацию, дань общества ускоренному ритму нашей жизни и возросшим стрессам. Это действительно так. Инфаркт миокарда, или омертвение обескровленной сердечной мышцы, в прошлом столетии описывался лишь как случайная находка. В России инфаркт миокарда был описан только в 1878 году врачом К. Кнопфом. Отечественные ученые имеют неоспоримый приоритет в отыскании причин этой болезни — закупорки артерий, питающих кровью сердечную мышцу. Сделали это в 1909 году известные русские медики В. Образцов и Н. Стражеско.

Сейчас считают, что инфаркт миокарда — одна из разновидностей ишемической болезни сердца, заболевания, вызванного несоответствием между потребностями сердечной мышцы в питании кровью и ограниченными возможностями сосудов, призванных обеспечить это питание.

Чаще всего причиной сужения сосудов бывает атеросклероз — отложение плотных бляшек в просвете сосудов. Но могут быть и чисто функциональные причины — сужение сосуда как ответная реакция на психоэмоциональный стресс. Вспомним, как «хватаются за сердце» люди, получившие неприятное известие или попавшие в экстремальную ситуацию.

Известно, что инфаркт миокарда поражает чаще мужчин, чем женщин, и чаще жителей городов, чем сел. Суть дела прежде всего в более высоких эмоциональных нагрузках, в ускоренном ритме жизни. Психологи установили, что 30 процентов жителей современного индустриального города живут в состоянии «ожидания тревоги», губительно отражаются на людях сложные производственные отношения, «разносы» начальства, неотлаженный быт. У мужчин чаще, чем у женщин воздействуют и дополнительные факторы: алкоголь, курение.

Инфаркт миокарда — частое заболевание. В Москве, например, из каждых 1000 мужчин, достигших сорокалетнего возраста, этим заболеванием страдают 3 человека, в Каунасе — 2,7, в Варшаве столько же, а вот в Лондоне — 4, 9, в Хельсинки еще больше — 5,9.

В наших мышцах есть своеобразный белок, миоглобин, который выполняет роль кладовой кислорода. Он то насасывает его из крови во время дыхания, то отдает в мышцу во время ее работы. До самого последнего времени было принято считать, что у здоровых людей этот белок в крови отсутствует. Никакими современными методами он там выявлен не был.

Миоглобин удалось обнаружить лишь с помощью сложных и весьма трудоемких методов, какими являются электрофорез и хроматография, в крови больных с тяжелыми формами инфаркта миокарда и обширными повреждениями мышц в результате травм.

Развитие радиоиммунологического анализа внесло свои коррективы в изучение миоглобина. Благодаря высокой точности и чувствительности метода миоглобин уже не мог остаться незамеченным в крови даже здоровых людей (правда, как и предполагалось, лишь в небольших количествах). Но зато как тонко реагировал радиоиммунологический анализ на малейшее нарушение в кровоснабжении сердечной мышцы! Уже в первые часы развития инфаркта миокарда количество миоглобина в крови начинало повышаться. И чем обширнее была зона поражения сердечной мышцы, тем значительнее нарастала концентрация этого белка. Таким образом, врачи получили новый и весьма надежный дополнительный метод распознавания одного из наиболее грозных заболеваний.

Особенно ценным оказался радиоиммунологический анализ в тех случаях, когда результаты общепринятых методов исследования, таких как, например, электрокар-

диография, оказывались неясными или противоречивыми.

Последующие исследования показали, что определение концентрации миоглобина в крови может быть использовано и для прогнозирования: чем скорее снижается концентрация этого белка в крови, тем лучше прогноз болезни, тем больше у человека шансов выйти победителем в борьбе с таким недугом.

Советские исследователи из Алма-Аты во главе с Ш. Хусаиновой нашли еще одно применение радиоиммунологическому определению миоглобина в крови. Оказалось, что и при атеросклеротическом поражении артерий нижних конечностей повышается концентрация в крови миоглобина. При атеросклерозе сосудов так же, как при инфаркте миокарда, уровень концентрации миоглобина нарастает в зависимости от степени поражения.

Очень высокие показатели концентрации в крови миоглобина у больных с нарушенным кровотоком в сосудах конечностей говорят об обширном и неотвратимом омертвении мышц и являются веским аргументом для принятия врачом ответственнейшего решения: ампутации конечности.

Примечательно, что как и при инфаркте миокарда, при обескровливании конечности на почве атеросклероза правильное лечение — терапевтическое или хирургическое, иногда и то и другое вместе взятое — приводит к быстрому снижению концентрации миоглобина.

В самое последнее время определение миоглобина радиоиммунологическим методом начали использовать судебные медики. Оказалось, что уровень этого белка неизменно повышается даже при небольших травмах, без внешних признаков повреждения — кровоподтеков, ссадин. Определение миоглобина позволяет в таких случаях восстановить далеко не явную истину.

Увеличение этого белка в крови отмечено также при отравлении окисью углерода, пищевыми ядами, при обморожениях и даже при длительном пребывании человека в одной и той же позе! Судебные медики называют такие состояния «позиционным сдавлением».

НОВАЯ ФУНКЦИЯ ПОЧКИ

Еще один социальный аспект медицины — гипертоническая болезнь. Об этом говорят широкая распространенность этого заболевания, тяжелые осложнения, которыми оно сопровождается. Нелишне, однако, напомнить,

что гипертоническая болезнь и повышение артериального давления у человека — отнюдь не синонимы. Повышенное артериальное давление может быть признаком самых различных заболеваний, например, поражения почки, сердца, головного мозга. И только часть людей с повышенным давлением крови может быть отнесена к собственно гипертоникам.

Большой вклад в разработку учения о гипертонической болезни внес знаменитый советский терапевт академик Г. Ланг. Этот ученый в 1922 году впервые в мире высказал и научно обосновал взгляд на гипертоническую болезнь, как на самостоятельную форму заболевания.

Мужчин и женщин артериальная гипертония поражает примерно одинаково. По данным американских ученых, с нею знакомы приблизительно 13 процентов мужчин и 15 процентов женщин, проживающих в США.

Повышается артериальное давление намного чаще у жителей городов, чем сел. Советский терапевт А. Андрукович выявил повышение артериального давления среди горожан обоего пола в возрасте от пятидесяти до шестидесяти лет в 56,7 процента случаев, то есть у каждого второго (!) городского жителя, тогда как у сельчан эта болезнь встретилась намного реже — всего в 15,5 процента. В Москве гипертонической болезнью страдает каждый четвертый мужчина старше шестидесяти лет.

Несмотря на «популярность» гипертонии, данные о ней противоречивы.

Это можно объяснить прежде всего неоднозначностью отправной точки: что, собственно, считать повышением артериального давления? В последнее время медики всех стран мира приняли рекомендации Всемирной организации здравоохранения считать давление ниже 140/90 миллиметров ртутного столба нормой, от 140/90 до 159/94 миллиметров «опасной зоной», 160/95 и выше — артериальной гипертонией.

Причины и механизмы развития гипертонической болезни сложны, и потому не приходится удивляться, что мнения ученых резко расходятся. Но есть один аспект болезни, который имеет прямое отношение к ядерной медицине. Дело в том, что почки могут быть виновны в повышении артериального давления.

Сама по себе связь поражения почек и подъема артериального давления была установлена еще в прошлом веке. Известный в свое время патологоанатом Х. Юмар в 1889 году установил, что у больных с повышенным ар-

териальным давлением обязательно обнаруживалось уплотнение мелких почечных сосудов. Но что курица, а что — яйцо, то есть что причина и что следствие?

В 1898 году Р. Тигерстед и П. Бергман проделали простой и изящный опыт. Они ввели экстракт (вытяжку) из почек кролика другому экспериментальному животному. Артериальное давление у того немедленно подскочило.

Позже было обнаружено, что почечный экстракт содержит в избытке ранее неизвестное вещество, способное повышать артериальное давление. Что это за вещество, стало известно спустя многие годы. Им оказался фермент ренин.

Этот фермент образуется в почках. Попадая в кровоток, он воздействует на системы, ответственные за уровень артериального давления. Чем больше вырабатывается в почке ренина и чем больше его попадает в кровь, тем выше поднимается уровень артериального давления. Почка, таким образом, рассматривается теперь не только как выделительный орган, но и как определяющий регулятор артериального давления.

Подобные теоретические предпосылки, естественно, требовали экспериментального и, главное, клинического подтверждения. Между тем определение активности ренина крови до последнего времени проводилось только путем очень сложного и трудоемкого эксперимента на животных. Да и то конечный результат выражался обычно в весьма неопределенных, в основном качественных показателях.

Радиоиммунологический метод исследования позволил принципиально по-новому подойти к рассматриваемой проблеме. Он дал возможность точно, притом в конкретных числовых величинах, определять активность ренина крови. Для этого достаточно взять у больного гипертонической болезнью всего 1 миллилитр крови.

Исследования показали, что концентрация ренина у гипертоников может говорить о том, какова фаза и стадия заболевания. Повышение активности ренина — признак прогрессирования болезни.

Очень высок уровень ренина в начале гипертонической болезни, лабильной фазе заболевания. Когда же артериальная гипертония переходит в стабильную форму, активность ренина снижается. С повышением активности ренина в крови болезнь протекает более тяжело, а опасность осложнений возрастает.

Исходя из радиоиммунологического определения активности ренина, врачи начали планировать лечение гипертонической болезни. В лаборатории клиник Куйбышевского медицинского института, например, было установлено, что у больных с высокой активностью ренина применение мочегонных средств, с помощью которых лечат это заболевание, не дает особого эффекта. При низкой же активности ренина мочегонные препараты приносят явную пользу.

Белок бета-2-микроглобулин был открыт в 1968 году И. Бергардом и А. Берном и сразу же привлек внимание многочисленных исследователей. Дело в том, что бета-2-микроглобулин проходит своеобразный и сложный путь в почке. Малейшие нарушения ее функции немедленно изменяют соотношение концентрации бета-2-микроглобулина в крови и моче. Радиоиммунологическое определение концентрации этого вещества ныне широко применяется в диагностике заболеваний почек, при контроле за приживлением трансплантированной почки.

БОИМСЯ ЛИ МЫ УКОЛА?

Одни могут честно в этом признаться. Другие сделают вид, что их укол не тревожит, — и вообще это не предмет для разговора. И тем не менее как человек реагирует на укол? Так ли уж безразличен к нему? Или все-таки можно говорить об определенной эмоциональной и, очевидно, гормональной реакции на укол? Чтобы разобраться в этом, обратимся сначала к истории, в частности, к учению о стрессе (напряжение). Знаменитый канадский исследователь Г. Селье установил, что любой действующий на человека внешний раздражитель — тепло, электрический ток, механическое действие, эмоциональный фактор — вызывает какие-то сдвиги в организме. Активизируются функции придатка мозга — гипофиза и надпочечников, что приводит в конечном счете к появлению язв в желудке и кишечнике. Такую реакцию Г. Селье назвал общим адаптационным синдромом.

В развитии общего адаптационного синдрома прослеживаются три стадии: первая — реакция тревоги, вторая — стадия резистентности, или устойчивости, и третья — стадия истощения.

В дальнейшем было установлено, что сила и продолжительность каждого периода зависит от природы и величины раздражителя, а также от состояния организма.

При реакции тревоги человеческий организм напрягается, мобилизуя свои защитные силы. Во второй стадии устанавливается повышенная сопротивляемость внешнему агенту. Если стресс чересчур сильный, организм человека истощается, и его устойчивость к сопротивлению резко падает.

В развитии адаптационного синдрома большую роль играет система гипоталамус (промежуточный отдел головного мозга) — гипофиз — надпочечники.

Имея в своем распоряжении столь мощный инструмент изучения эндокринной системы, каким является радиоиммунологический анализ, И. Королюк и его сотрудники попытались ответить на вопрос: как же реагирует человек на такой элементарный стресс, как укол иглой.

Оказалось, что как стресс его восприняла всего лишь одна треть испытуемых, у которых обнаружилось чувство страха, волнения, повышение артериального давления, побледнение кожных покровов, усиление потоотделения, головокружение. Остальные две трети людей подобных эмоций не знали, то есть перенесли укол абсолютно спокойно.

Но самая большая неожиданность обнаружилась при изучении концентрации гормонов в крови. Оказалось, что вопреки взглядам Г. Селье, на стрессовое раздражение в виде укола в первую очередь и в большей степени реагируют не надпочечники, как это ожидалось, а совсем другие железы внутренней секреции, прежде всего щитовидная и поджелудочная железы.

Если эти данные подтвердятся, возникнет необходимость в пересмотре концепции универсальности адаптационного синдрома Г. Селье. Очевидно, что наряду с надпочечниками важную роль в ответной реакции организма на раздражающий фактор внешней среды играют другие железы внутренней секреции, в частности, поджелудочная и щитовидная.

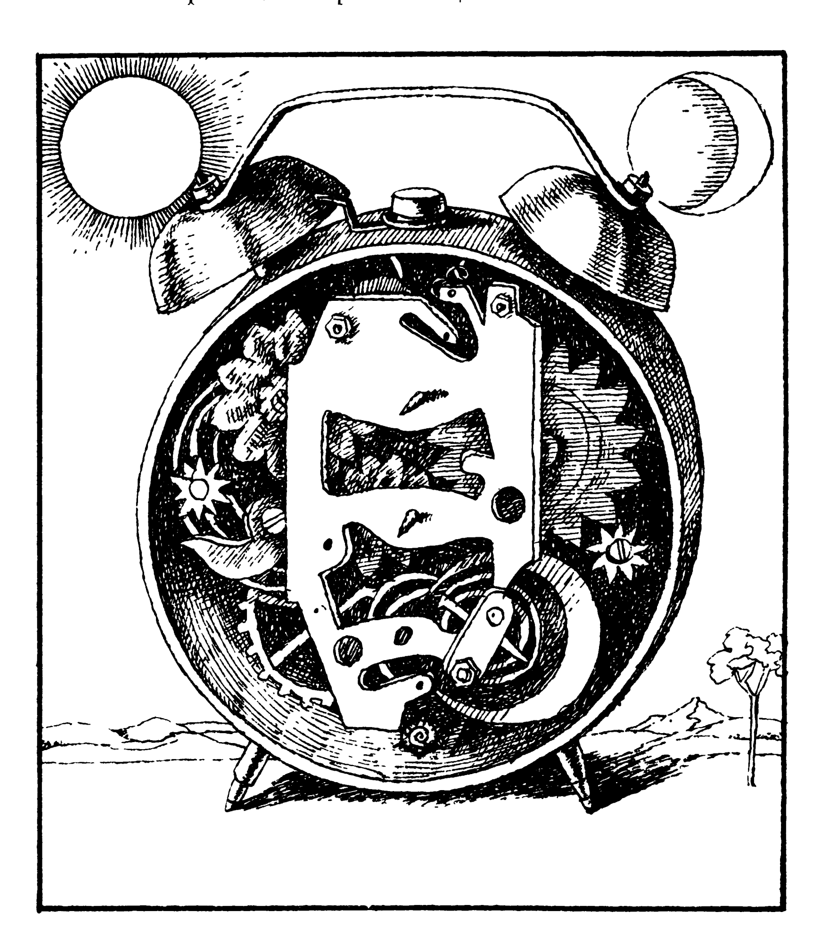
РИТМЫ ЖИЗНИ

Человек живет в стихии ритмов. С наступлением ночи мы привычно ложимся спать и просыпаемся, когда приходит утро. За этими знакомыми, ставшими естественными действиями, которые мы выполняем изо дня в день всю свою жизнь, скрываются сложные, отлаженные на протяжении эволюции человека системы регулирования его жизнедеятельности.

Попробуйте их нарушить, например, начать работать в ночную смену, и вы сразу же почувствуете властную инерцию привычки: спать ночью, бодрствовать днем.

Суточные, точнее сказать, околосуточные ритмы (их еще называют циркадными) — основа жизнедеятельности человека. Регулярно, так же, как встает и заходит солнце, попутно проходя точку своего зенита, у человека происходит ритмичное суточное колебание интенсивности биологических процессов.

При этом в дневные часы повышается, в ночные снижается артериальное давление, частота сердечных сокращений, температура тела, содержание сахара в крови, умственная и физическая работоспособность.



Помимо суточных, существуют биологические ритмы с другой периодичностью: в несколько секунд, минут, недель, месяцев и даже лет. Например, частота сердечных сокращений у большинства людей — 65—70 ударов в минуту, это биологический ритм с периодом колебаний, измеряемым в секундах.

Работоспособность человека: максимальная — в середине недели, — минимальная — в конце ее, это недельные ритмы. В течение дня она наибольшая с 10 до 12 и с 16 до 18 часов — это суточные ритмы.

Творческая активность человека тоже не всегда одинакова. Она колеблется с интервалом в 4—5 лет, каждый раз то достигая своего максимума, то опускаясь ниже среднего уровня. На биологические ритмы человека влияет внешняя среда, освещенность, температура, изменение магнитного поля, интенсивность космического излучения, приливы и отливы в океанах, сезонные воздействия.

Однако в основном ритмичная жизнедеятельность нашего организма обеспечивается внутренними механизмами. Прежде всего головным мозгом. Из него сигналы передаются нашим органам с помощью биологически активных веществ, находящихся в крови, лимфе и тканевой жидкости. Среди этих гуморальных факторов основная роль принадлежит гормонам, а также другим высокоактивным биологическим веществам, таким, как ацетилхолин, серотонин и гистамин.

Концентрация этих веществ в крови непостоянна. Она циклически меняется в соответствии с импульсами, приходящими из головного мозга. В свою очередь, эти вещества, активно влияя на работу наших органов, заставляют их работать в заданном головным мозгом режиме.

Радиоиммунологический анализ, позволяющий быстро и точно по капле крови определять концентрацию в крови биологически активных веществ, во многом способствовал изучению биологических ритмов.

С помощью радиоиммунологического анализа ученые Куйбышевского мединститута установили, в частности, что максимальное содержание гормонов гипофиза, регулирующих функцию щитовидной железы, наблюдается утром, а регулирующих функцию надпочечников, наоборот, вечером. В то же время функциональная активность самих упомянутых желез колеблется иначе: щитовидная железа наиболее интенсивно работает в середине дня, а надпочечники — утром. Функция других желез внутрен-

ней секреции также определенным образом настроена на суточные ритмы.

Циклические колебания жизнедеятельности нашего организма не случайны. Их ритм заложен в нас уже при рождении и сохраняется в большинстве своем на всю жизнь. Почти все биоритмы передаются по наследству.

Установлено, что каждый ребенок рождается со своим суточным ритмом, периодичность которого колеблется от 23 до 25 часов. 24-часовая синхронизация наступает только спустя несколько месяцев. В старости происходит рассогласование биоритмов. Это один из признаков (или причин?) старения.

Часть ритмов связана с геофизическими воздействиями на человека: суточные, приливные, лунные, сезонные ритмы. Они могут определенным образом изменяться при перемене местообитания. Правда, изменение это происходит весьма нелегко, подчас болезненно. Многие, наверное, испытывали тягостное чувство адаптации, когда возвращались в среднюю полосу из отпуска, проведенного на побережье Черного моря или в Закавказье. Еще тяжелее проходит адаптация после возвращения из длительных многолетних командировок в страны Африки или Азии. О том, как нелегко приспосабливаться к местным условиям, убедительно могут рассказать спортсмены, которым приходится иногда выступать чуть ли не на другом конце света. Точность, быстрота реакции — все становится другим, и требуется время (иногда одна-две недели!), чтобы успешно акклиматизироваться и восстановить форму.

Другая часть ритмов детерминирована более жестко и не меняется, где бы мы ни находились. Так ведут себя, например, сердечные пульсации, периодические колебания электрической активности головного мозга.

У каждого человека свои особенности биоритмов. Например, общепринято делить людей на «сов» и «жаворонков». Первые поздно ложатся спать, отдавая творческому труду свободное вечернее и даже ночное время. Вторые более продуктивно работают в ранние утренние часы, но зато спать укладываются рано, жертвуя даже вечерними телевизионными передачами.

Подмечено, что люди крайних типов биоритмов отличаются своеобразным складом характера, они питаются и даже заболевают по-особому. Такие люди требуют к себе особого внимания в семье, на работе, со стороны окружающих.

В некоторых странах придумали даже гибкие графики работ, так называемые «флекс-таймы». В основу таких графиков положен принцип свободного варьирования времени работы в зависимости от желания человека. При этом рабочий день состоит из двух частей: обязательного присутствия и индивидуально выбираемого. Например, на предприятии все обязаны непременно быть с 12 до 16 часов дня. Но одни могут начинать рабочий день с 8 и оканчивать в 16, другие будут находиться на работе с 10 до 18, третьи — с 12 до 20 часов.

Такой скользящий график с учетом индивидуальных биоритмов позволяет добиться наибольшей отдачи в труде. Правда, возникают большие трудности организационного порядка. Так что реальное воплощение идеи учета биоритмов в производстве — пока дело будущего.

Радикальное изменение суточного ритма, как, например, переход на работу в ночную смену, резко затрагивает согласованность функционирования организма. Однако замечено, что длительно повторяющаяся ночная смена позволяет сломать сложившийся стереотип и за счет адаптационных возможностей организма выработать механизм подстройки под изменившуюся ситуацию и обеспечить, пусть не вполне совершенный, но все же хороший уровень работоспособности.

Но переводить людей на ночную смену или обратно, на дневную, надо очень осторожно, через продолжительные интервалы работы в этой смене. Вот почему так выбивают нас из колеи внезапные и непредвиденные ночные дежурства, запоздалые и в целом неоправданные ночные «бдения». Не случайно оказалась несовершенной широко разрекламированная на Западе так называемая «шпрингеровская смена»: 12-часовая рабочая смена и 24-часовой отдых.

Очевидно, что на повестку дня встает вопрос о разработке нового принципа организации труда — «принципа ритма», который бы учитывал индивидуальность человека, особенности его суточной циклической деятельности. Очевидно также, что у медиков, в том числе и специалистов по ядерной медицине, возникла новая, социальная задача — создание «фазовой карты» человека.

Точное знание ритмов человека чрезвычайно важно для правильной диагностики, лечения и профилактики заболеваний. С 1937 года существует Международное общество по изучению биоритмов. В 1960 году в США

был проведен Первый международный симпозиум по биоритмам.

При развитии заболеваний наблюдается нарушение ритмичности физиологических процессов. У больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями особенно неблагоприятным является ночное время, когда артериальное давление не снижается, как у здоровых людей, а наоборот, возрастает, возникает повышение свертываемости крови, сужение коронарных сосудов. Все это приводит к тому, что ночью сердечные приступы случаются гораздо чаще.

В последние годы выяснили, что при некоторых заболеваниях рассогласование биоритмов наступает раньше, чем появляются клинические признаки болезни. Из этого и исходит ранняя доклиническая диагностика некоторых заболеваний.

С помощью радиоиммунологического анализа можно изучить циркадные ритмы концентрации биологически активных веществ в крови и прогнозировать возможность того или иного заболевания.

Советским врачом В. Кельцевым, например, было установлено, что при ревматизме, а им часто болеют дети и подростки, наибольшая активность щитовидной железы приходится на утренние часы, а не на вечерние, как у здоровых детей. Надпочечники, наоборот, увеличивают свою активность вечером.

Отсюда родилась интересная идея — лечить заболевание, исходя из измененного суточного биоритма. Если гормонов надпочечников у больных ревматизмом мало в утренние часы, значит, большую часть суточной дозы, например, $^3/_5$ или $^4/_5$, надо ввести больному утром, а остальную порцию лекарства распределить в течение дня. Такая методика должна прийти на смену трафаретному предписанию врача: по одной таблетке три или четыре раза в день и т. п.

Радиоиммунологическое изучение биоритмов может помочь определить эффективность лечения. Восстановление суточного ритма — надежный показатель благоприятного исхода болезни.

Существуют также ритмы, особенно популярные в некоторых странах Запада. Это «расчетные ритмы». В 60-е годы нашего столетия подметили, что физическая активность человека колеблется вокруг среднего уровня с периодом в 23 дня, эмоциональная — в 28 дней, интеллектуальная — в 33 дня. Эти три ритма — эмоциональ-

ный, физический и интеллектуальный — являются врожденными и остаются постоянными в течение всей жизни.

Первая половина каждого цикла относится к благоприятным периодам жизни человека, вторая — к неблагоприятным. Однако наиболее нежелательная ситуация возникает в «критические дни», когда все синусоиды ритмов перекрещиваются на нулевой линии. Именно в эти дни, по мнению авторов теории «расчетных ритмов», случаются несчастья, возникают болезни. В эти дни лучше, если возможно, посидеть дома, принять успокоительные средства, не начинать важного и ответственного дела и вообще «быть настороже».

Специалисты по «расчетным ритмам» защищали свою концепцию, ссылаясь на конкретные примеры. Видимо, их аргументация оказалась достаточно убедительной, коль скоро в 70-е годы мода на эти ритмы буквально захлестнула некоторые страны. И сейчас во многих киосках и магазинах Парижа и Лондона, Мадрида и Вашингтона, Лиссабона или Токио вы без труда встретите календари, справочники по «расчетным биоритмам», выпущены специальные часы, которые, настроенные на ваш организм, напомнят, что подошел ваш «черный» день...

Во всем этом, конечно, много непроверенных или тенденциозно подобранных сведений, примеров. И все же, коль скоро мода на «расчетные ритмы» оказалась столь жизненной и всеобъемлющей, медики не могут занимать в этом вопросе пассивную выжидательную позицию. Радиоиммунологический анализ может сыграть при этом чрезвычайно важную роль.

ПРОТИВ СЕРДЕЧНОЙ СЛАБОСТИ

Как уже говорилось, радиоиммунологический анализ позволяет определить концентрацию лекарства в крови во время лечения.

Возьмем для примера одно из частых болезненных состояний — сердечную слабость.

Чтобы справиться с ней, среди прочих лекарств широко применяют дигоксин — один из распространенных препаратов наперстянки, многолетнего травянистого растения, произрастающего повсеместно, в том числе в нашей стране.

Препараты наперстянки используются в медицине давно, с конца XVIII века. И врачей постоянно мучил вопрос, какова необходимая доза лекарства. Дело в том,

что наперстянка способна постепенно накапливаться в организме. Но тогда положительный лечебный эффект препарата может перерасти в свою противоположность.

Как же установить грань? Очевидно, что лучше всего — определять ежедневно концентрацию дигоксина в крови.

Идея в общем-то проста, но реализовать ее стало возможно только тогда, когда был открыт радиоиммунологический анализ. В 70-е годы появились специальные наборы, позволяющие в пробирке в капле взятой у больного крови определять концентрацию дигоксина. Таким образом, медики получили в свои руки метод, контролирующий лечение одного из опасных заболеваний — слабости сердечной мышцы.

МОЖНО ЛИ ВОВРЕМЯ РАСПОЗНАТЬ РАК!

Конечно, можно. Необходимо лишь систематически, регулярно и целенаправленно обследовать людей. Эта общеизвестная истина, увы, не реализуется в реальной жизни. И объективная статистика остается печальной: во всех развитых странах мира смертность от злокачественных опухолей вышла на второе место после сердечно-сосудистых болезней. От злокачественных опухолей гибнет каждый пятый житель нашей планеты.

Вот почему исследования в области онкологии острейшая медико-биологическая и социальная проблема современности. Эту проблему изучают в 352 национальных и международных научных центрах. Только в нашей стране работают 22 специализированных онкологических научно-исследовательских института, среди которых такие гиганты, как Всесоюзный онкологический научный центр Академии медицинских наук СССР, Белорусский, Украинский, Казахский институты онкологии, Научно-исследовательский институт онкологии Минздрава СССР и др. В мире сейчас издается 94 научных специализированных журнала по онкологии. Существует специальный Отдел рака Всемирной организации здравоохранения, который объединяет 54 организации 26 стран. В 1965 году было создано Международное агентство по изучению рака со штаб-квартирой в Лионе (Франция).

Несмотря на поистине гигантский размах научных исследований, проблема рака продолжает оставаться столь же актуальной, какой она была 10, 20, 30 и более лет назад.

Когда в 60-е годы был открыт радиоиммунологический анализ, ученые сразу же обратились к нему за помощью. Коль скоро у человека начинает развиваться опухоль, естественно полагать, что она может продуцировать и выделять в организм какие-то присущие только ей специфические вещества. Если удастся эти вещества обнаружить, то можно будет на ранней стадии выявлять рак. Для этого нужно лишь взять пробу крови у человека и провести радиоиммунологическое исследование.

Эта заманчивая идея вызвала к жизни волну все новых и новых опытов. Чего только не пытались отыскать ученые самыми современными для своего времени методами! Увы... Пока такие «сигнализаторы» рака — в медицине их называют «опухолевыми маркерами» — не открыты.

И все же некоторый успех налицо. И связан он главным образом с радиоиммунологическим анализом.

В 1963 году советские ученые Г. Абелев и Ю. Татаринов открыли белок, который продуцировался зародышевой тканью.

Спустя два года американские исследователи Ф. Голд и С. Фридман обнаружили этот же белок в крови больных с опухолью толстой кишки. Этот белок, названный ими раково-эмбриональным антигеном, сразу же привлек внимание многочисленных ученых. Интерес ученых к раково-эмбриональному антигену возрос после 1969 года, когда группе исследователей из США под руководством Д. Томсона удалось создать наборы для радиоиммунологического анализа раково-эмбрионального антигена. Эти авторы не обнаружили раково-эмбриональный антиген в крови здоровых людей и нашли его повышенный уровень почти у всех обследованных ими больных с опухолью толстой кишки.

Публикация Д. Томсона произвела в научном мире эффект разорвавшейся бомбы. Ученые ухватились за предоставленную им возможность определять концентрацию в крови опухолевого маркера.

Первоначальные данные свидетельствовали о том, что раково-эмбриональный антиген секретируется только зародышевыми тканями желудочно-кишечного тракта. Его нет у здоровых людей, и появляется он при возникновении злокачественного процесса в пищеварительном тракте.

Затем, однако, оказалось, что повышенное содержание раково-эмбрионального антигена обнаружено при других

локализациях рака: в молочной железе, легком, щитовидной железе, яичниках, предстательной железе, поджелудочной железе.

Более чувствительные методики радиоиммунологического анализа позволили в дальнейшем обнаруживать присутствие очень небольшого количества раково-эмбрионального антигена в крови здоровых людей. Затем маркер стали выявлять также при некоторых неопухолевых заболеваниях.

Врачи пришли в замешательство. Маркер рака оказался на поверку не столь уж специфичным. Стоит ли в таком случае внедрять метод его определения в практику?

Группе советских ученых во главе с Г. Ткачевой удалось показать, что определение раково-эмбрионального антигена, несмотря на отсутствие строгой специфичности этого метода только для опухолевых заболеваний, может быть тем не менее широко использовано в онкологической практике в качестве важного диагностического теста.

Во-первых, если концентрация раково-эмбрионального антигена в крови какого-либо человека повышена, необходимо принимать срочные меры для поиска у него злокачественной опухоли.

Во-вторых, было установлено, что концентрация раково-эмбрионального антигена в крови резко снижается после удаления опухоли. Значит, радиоиммунологический анализ раково-эмбрионального антигена может быть использован как достоверный признак радиального удаления опухоли.

В-третьих, замечено, что содержание раково-эмбрионального антигена начинает вновь возрастать, как только появляется рецидив заболевания или возникают метастазы. Значит, раково-эмбриональные антигены — прекрасные индикаторы состояния больных после операции.

В октябре 1977 года в Ницце состоялся международный симпозиум, специально посвященный применению раково-эмбрионального антигена в онкологии. Ученые пришли к выводу о том, что определение раково-эмбрионального антигена у онкологических больных — одно из значительных достижений радиологии, и оно должно широко применяться в медицинской практике.

Исследовательские работы с раково-эмбриональными антигенами не прекращаются и поныне. Их задача — создать наборы для определения серии раково-эмбриональных антигенов, каждый из которых был бы строго

специфичен для того или иного органа человека, определенного вида опухоли.

Другое применение методики радиоиммунологического анализа раково-эмбрионального антигена — выявление злокачественных опухолей в тех семьях, где есть родственники со злокачественными заболеваниями. Факт наследственной предрасположенности к раку известен давно. Реализуется, правда, эта предрасположенность, к счастью, далеко не у каждого — вступают в силу дополнительные внешние и внутренние факторы.

Выявление людей с повышенным содержанием раково-эмбрионального антигена в семьях, так сказать, отмеченных «раковой печатью», чрезвычайно важно, ибо позволяет правильно спланировать режим дня, изъяв из него излишние канцерогенные факторы. Японский врач Е. Матсигама метко назвал такие ситуации «раково-эмбрационально-антиген-фамильным синдромом».

Двум советским ученым Г. Абелеву и Ю. Татаринову принадлежит честь открытия еще одного белка, также важного маркера опухолей — альфа-фетопротеина. Этот белок, как оказалось, производят опухоли печени, и поэтому его много у такого рода больных. Впоследствии, правда, было установлено, что альфа-фетопротеин обнаруживается и при других заболеваниях, таких, как, например, вирусный гепатит или цирроз печени.

Сейчас альфа-фетопротеин применяют в онкологии главным образом для того, чтобы следить за эффективностью лечения при раковых заболеваниях печени, реже — при поражении других органов.

Есть в онкологии и весьма благодатная почва для использования радиоиммунологического анализа. Это выявление опухолей эндокринных желез. Гипофиз, щитовидная и поджелудочная железы, надпочечники — все эти органы внутренней секреции вырабатывают специфические вещества — гормоны. Уровень их концентрации в крови известен. Он без труда определяется радиоиммунологическим анализом.

Если в железе внутренней секреции развивается опухоль, это, как правило, сопровождается усиленной продукцией гормонов. Таким образом, установив в крови человека повышенную концентрацию того или иного гормона, можно говорить об опухоли той железы, которая секретирует данный гормон.

Правда, повышение продукции гормонов может быть вызвано не только опухолью железы, но и воспалитель-

ным процессом в ней, а также рефлекторным усилением ее функции. В таких случаях на помощь приходят другие информативные исследования, в том числе с использованием радиоактивных нуклидов.

В последние годы был обнаружен весьма интересный феномен. Некоторые опухоли, например, легких или желудка, вдруг начинают продуцировать гормоны, которые при этом почти ничем не отличаются от гормонов, вырабатываемых в нормальных эндокринных железах.

Такая продукция гормонов опухолями получила название эктопического эндокринного синдрома. (Эктопический по-гречески означает «удаленный», а синдром — это совокупность клинических проявлений болезни, которые имеют одну и ту же природу.) Что кроется за этим феноменом?

Пока ответа, который бы полностью удовлетворил специалистов, дать нельзя. Ученые продолжают накапливать факты. Замечено, например, что очень злокачественная форма рака легкого (так называемый овсяноклеточный рак — название дано по внешнему виду раковых клеток под микроскопом) весьма склонна к продукции кортикотропина — гипофизарного гормона, регулирующего функцию надпочечников. У таких больных нередко развивается даже болезненное состояние — синдром Иценко — Кушинга, который мы наблюдаем обычно у больных с первичным поражением надпочечников. Аналогичным свойством вырабатывать надпочечниковый гормон обладают некоторые опухоли поджелудочной железы, желудка, кишечника.

Другие злокачественные опухоли способны продуцировать другие гормоны: тиротропин, хориогонадотропин, гастрин и др.

Важность радиоиммунологического анализа в обследовании таких больных трудно переоценить. Он позволяет не только разобраться в сложной природе нарушенного гормонообразования, но также, что не менее важно, предсказать судьбу таких больных. Ведь радикальное удаление опухоли должно неизбежно привести к нормализации уровня этого гормона в крови. Если такого спада концентрации нет или он недостаточен, нужно бить тревогу — опухоль удалена нерадикально.

В 1966 году американский ученый А. Пирс выделил новый, ранее неизвестный вид опухолей — апудомы. Свое название эти опухоли получили по названию особых клеток нейроэндокринного происхождения, которые

могут развиваться в любых органах человеческого организма — в легких, сердце, желудке, почках, печени и др. И везде, где бы они ни возникали, их отличает одно свойство — выделение в кровь гормонов. Гормональная активность таких опухолей — апудом проявляется уже в начале их развития и может служить самым ранним признаком заболевания.

Для всех таких больных радиоиммунологический анализ — наиболее надежное средство выявления дисбаланса продукции гормонов в организме, основа для тщательного поиска первичной опухоли — апудомы.

ПОЧЕМУ БРАКИ ПОРОЙ БЕСПЛОДНЫ

Есть еще одна проблема, которая волнует очень многих и многих людей — проблема потомства.

Бесплодие, или неспособность к воспроизведению потомства, — большая социальная, медицинская, да и чисто житейская проблема. В 1951 году создана Международная ассоциация, изучающая вопросы, связанные с плодовитостью и бесплодием человека.

Традиционное мнение возлагает вину за бесплодный брак, как правило, на женщину. Научные данные, однако, убеждают в том, что в этом смысле мужчины далеко не безупречны. По крайней мере за бесплодность 40 процентов браков ответственность ложится на них. (В 60-процентах бесплодных браков виновны женщины, в 24 процентах — оба супруга, в 16 процентах — только мужчины).

Причины бесплодия весьма разнообразны: физические, физиологические, генетические. К бесплодию приводят многие заболевания: туберкулез, сифилис, рак. Хроническое отравление алкоголем и никотином также способствует снижению плодовитости. В каждом конкретном случае разобраться в причинах бесплодия можно, лишь тщательно изучив весь организм человека. Основное внимание при этом уделяют гонадам — органам, в которых растут и созревают половые клетки. К гонадам относятся яички у мужчин и яичники у женщин.

Из всех причин бесплодия мы остановимся лишь на одной, имеющей прямое отношение к нашей теме — на гормональном бесплодии и его диагностике радиоиммунологическим методом.

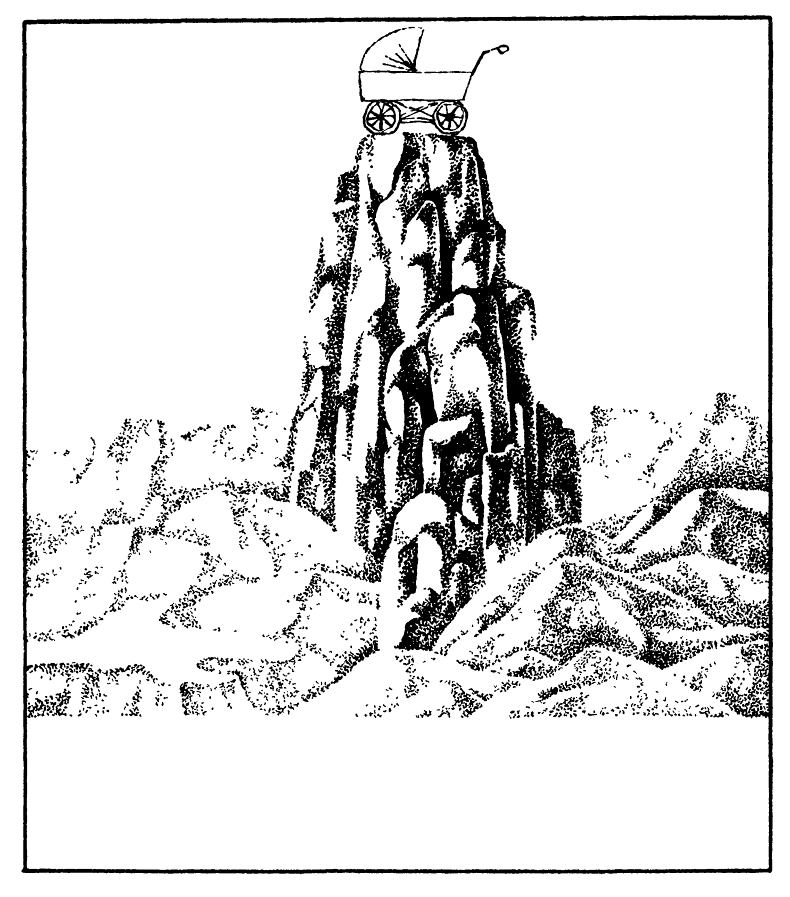
Нормальная продукция половых органов — основа основ вопроизводящей функции человеческого рода.

В организме человека — мужчины и женщины — существует своеобразная иерархическая «эндокринная лестница», управляющая процессом подготовки организма к оплодотворению.

Тон задает особый участок головного мозга — гипоталамус. В нем секретируются особые вещества — гонадолиберины. Их еще называют рилизинг-факторами. Это верхний, третий этаж «эндокринной лестницы».

Гонадолиберины воздействуют на другой участок мозга — гипофиз, освобождают в нем другие гормоны — гонадотропины: лютропин и фоллитропин. Это второй этаж «гормональной лестницы» регуляции.

Гонадотропины, попавшие в кровь, начинают стимулировать первый этаж «гормональной лестницы» — поло-



вые железы, или гонады. У мужчин вырабатывается гормон тестостерон, у женщин — прогестерон и эстрадиол.

Такова сложная иерархическая система эндокринной регуляции детородной функции у человека. Нетрудно понять, сколь уязвимой может оказаться подобная регуляция и как трудно врачу разобраться, на каком этаже лестницы «застрял» регулирующий импульс деторождения.

Ученые выделили условно три формы эндокринного бесплодия: первичная — когда поражены сами половые железы, вторичная — когда нарушена гонадотропная функция гипофиза, и третичная — поражение гипоталамуса.

Разобраться в сложной комбинации большого количества гормонов, ответственных за деторождение, помогает, как мы уже не раз видели на примере других заболеваний, радиоиммунологический анализ. Для этого нужно лишь взять немного, всего около двух-трех миллилитров, крови у обоих супругов и определить в ней концентрацию всех перечисленных гормонов. После того как выяснится характер нарушения, можно приступить к гормональному лечению бесплодия.

Радиоиммунологическое обследование бесплодных семей отличается еще одной существенной особенностью. В отличие от других методов оно носит щадящий характер, его проведение не требует выполнения специальных, нередко весьма болезненных процедур, связанных с инструментальным обследованием пациентов. Вот почему именно с радиоиммунологического анализа должно начинаться обследование бесплодных супругов.

В нашей стране созданы и продолжают создаваться многочисленные консультативные кабинеты по вопросам семьи и брака. Работают в них самоотверженные люди, которых отличает не только высокая профессиональная культура, но также такт, интеллигентность, широкий взгляд на вещи. Без этих достоинств немыслима работа в подобных консультациях.

КАК КОНТРОЛИРУЮТ БЕРЕМЕННОСТЬ

Как известно, беременные женщины в нашей стране окружены вниманием и заботой. Существуют специальные законы, призванные защищать будущую мать на производстве, облегчить ей многие тяготы быта.

Все беременные женщины обязательно встают на учет

в женской консультации, и вплоть до родов врачи наблюдают за течением беременности. Но как наблюдают? Расспрашивают о самочувствии, делают общие анализы крови и мочи, выслушивают тоны сердца плода. Конечно, при необходимости женщину помещают в стационар и здесь проводят более сложные исследования, вплоть до диагностических хирургических вмешательств.

Но так было раньше.

Радиоиммунологический анализ резко изменил весь подход к диспансеризации беременных женщин. Появился простой и доступный метод, который позволяет быстро и точно определить, как протекает беременность, как формируется плод.

Чтобы понять сущность радиоиммунологического контроля за беременностью, следует остановиться на функционировании так называемой фето-плацентарной системы. В этом словосочетании первое слово означает «потомок», а второе — плацента — орган, образующийся на время беременности в организме женщины. Через плаценту происходит обмен веществ между организмом матери и плода.

Как показали исследования последних лет, фето-плацентарная система является мощным эндокринным комплексом, продуцирующим большое количество физиологически активных веществ, в том числе гормонов.

Одним из таких гормонов является плацентарный лактоген. Этот гормон поступает в кровь женщины из плаценты, он регулирует обменные процесы будущей матери, обеспечивая рост и развитие плода. Плацентарный лактоген появляется уже на пятой-шестой неделе беременности. Затем по мере роста плода и плаценты уровень его концентрации в крови постепенно увеличивается, достигая максимума к концу беременности.

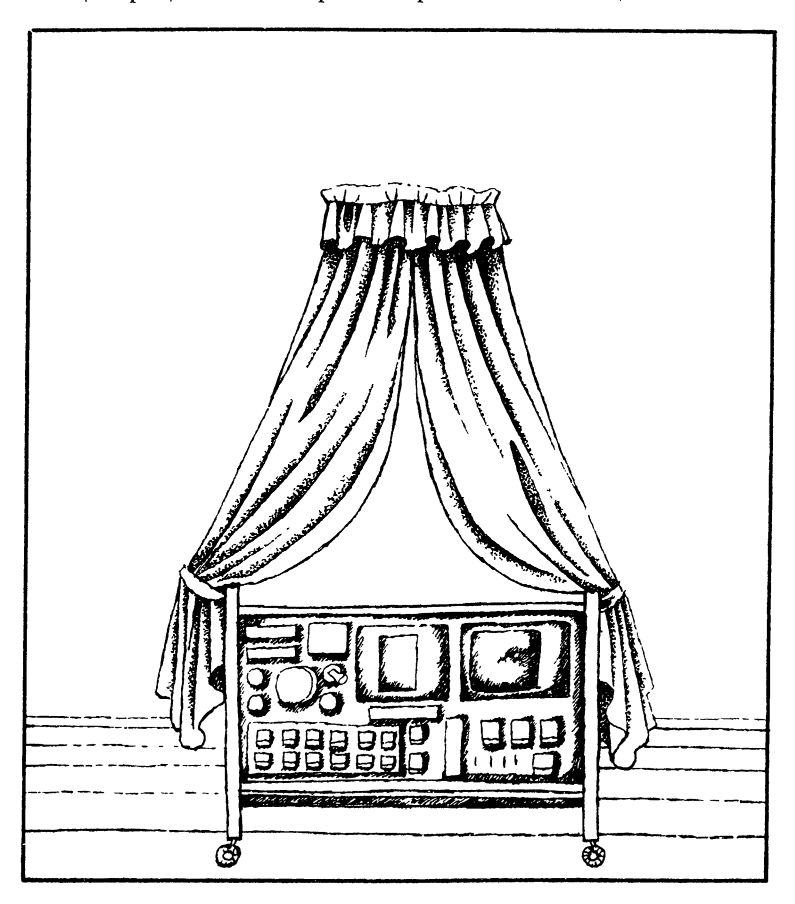
Любое заболевание или повреждение плаценты тут же приводит к снижению концентрации в крови плацентарного лактогена. И, определив у женщины в капле взятой крови концентрацию плацентарного лактогена, можно сказать, как протекает беременность, нормально ли состояние плаценты, а следовательно, косвенно и плода.

Еще один гормон, который обнаруживается в организме беременной женщины, — эстриол. Он образуется в надпочечниках плода и так же, как плацентарный лактоген, повышает свою концентрацию параллельно с развитием плода. Однако в отличие от плацентарного лак-

тогена эстриол характеризует состояние непосредственно плода.

Советскими учеными Г. Зубовским и И. Ларичевой установлено, что малейшие нарушения развития плода тотчас же дают о себе знать тем, что снижается концентрация эстриола в организме беременной женщины. Особенно важно это определить в начале беременности, когда можно хирургическим путем удалить неправильно сформировавшийся плод и тем самым избавить родителей от тяжкого бремени воспитания неполноценного ребенка.

Особый интерес для акушеров представляет гормон фето-протеин, образующийся в печени плода. В норме концентрация его в крови беременной женщины не так



уж велика, не более 5—10 миллионных долей грамма на литр.

При внутриутробных заболеваниях плода, особенно при врожденных уродствах, концентрация альфа-фетопротеина в крови быстро и резко возрастает. Взяв у женщины каплю крови, можно с помощью радиоиммунологического анализа достоверно определить, как сформирован плод, правильно ли функционирует плацента и нормально ли протекает беременность в целом. Делать это можно неоднократно, например, раз в 2—3 недели или ежемесячно. Особенно важны подобные наблюдения над женщинами, у которых прежняя беременность заканчивалась неблагополучно. Внимания заслуживают также женщины, работающие на вредном производстве или занятые тяжелым физическим трудом.

КОГДА РОЖДАЕТСЯ ЧЕЛОВЕК...

Сфера применения радиоиммунологического метода, конечно, не ограничивается временем беременности. Как только человек рождается, нарушаются устоявшиеся и ставшие привычными его связи с материнским организмом. В самые первые дни в организме новорожденного ребенка еще присутствует много взятых им от матери веществ, которые обеспечивают автономное существование. Но проходят дни, недели... В организме ребенка начинает вырабатываться собственная среда, формируются новые связи между органами, устанавливаются новые взаимоотношения организма с внешним миром.

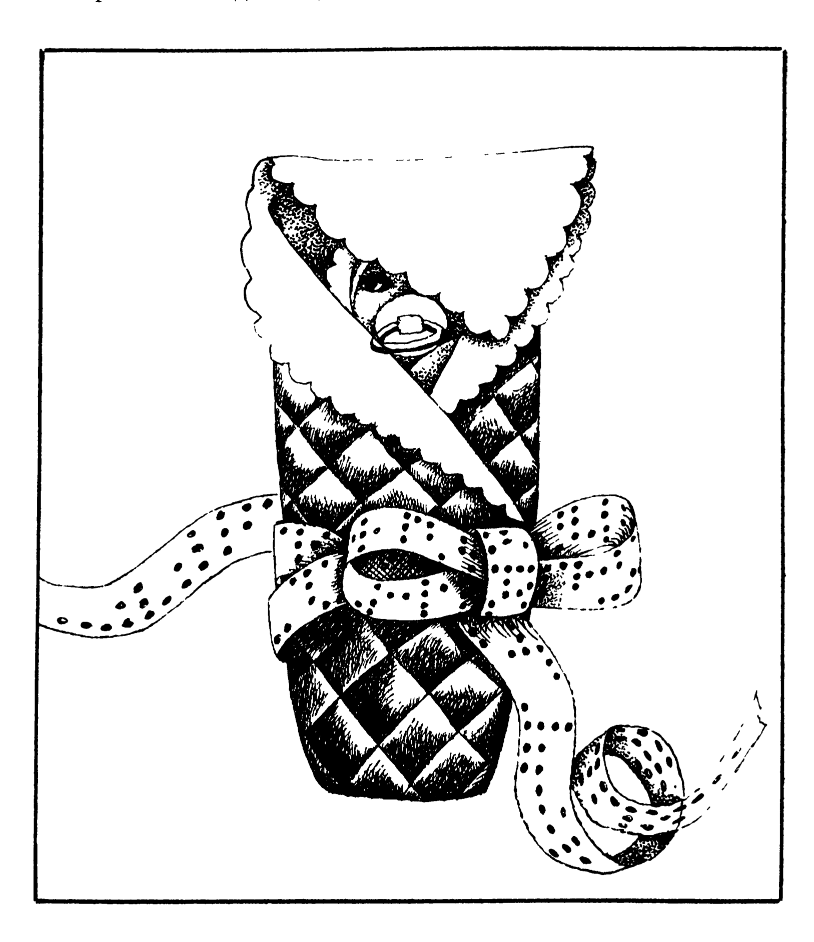
Радиоиммунологический анализ позволяет проследить формирование эндокринной системы у новорожденных, начиная с первого дня рождения. Исследования показали, что некоторые железы, например, щитовидная или гипофиз, уже с момента рождения функционируют самостоятельно. Для других желез внутренней секреции, например, надпочечников, поджелудочной железы, необходимо длительное время — недели, месяцы — чтобы они могли начать нормально функционировать.

Роль радиоиммунологического анализа в определении гормонального фона начальных этапов жизни человека исключительно велика: ведь обнаружить отклонения в гормональной регуляции жизненных функций организма — значит получить возможность вовремя ее подправить.

В лаборатории клиник Куйбышевского мединститута установлено, например, что дети, рожденные с избыточной

массой тела, вовсе не отличаются крепким здоровьем, как традиционно принято считать. У таких детей организм медленнее и хуже приспосабливается к условиям внешней среды, дольше устанавливается равновесие и жизнедеятельность отдельных звеньев эндокринной системы.

Еще более значительные нарушения в адаптационных механизмах наблюдаются у новорожденных с малой массой тела и особенно у недоношенных. У них становление эндокринных функций затягивается на недели и даже месяцы. В этот период очень важно обеспечить ребенка необходимой терапией, чтобы компенсировать несовершенство адаптационных механизмов.



ЖИВАЯ АНАТОМИЯ

> Благо везде и всюду зависит от соблюдения двух условий: правильного установления конечной цели всякого рода деятельности и отыскания соответствующих средств, ведущих к конечной цели.
>
> *Аристотель*

Подлинные медицинские знания, как известно, базируются на анатомии — науке о форме человеческого тела и составляющих его органов.

Издавна сведения по анатомии добывались путем рассечения тела. Отсюда и название науки: анатоме по-гречески означает «рассечение», «расчленение». Именно этот способ на протяжении многих веков являлся единственно возможным для изучения внутренних органов человека.

В Древней Греции запрещалось вскрывать трупы людей, поэтому Аристотель для изучения строения внутренностей вскрывал трупы животных. В III веке до нашей эры врачи александрийской школы Эразистрат и Герофил впервые в истории произвели учебное вскрытие трупов казненных преступников. Ими были подробно описаны такие хорошо известные ныне каждому человеку элементы человеческого тела, как грудо-брюшная преграда (диафрагма), двенадцатиперстная кишка, оболочки мозга, клапаны сердца, лимфатические сосуды.

Однако рукописи александрийских врачей, к сожалению, не дошли до нашего времени. Об античной анатомии мы до сих пор во многом судим по анатомическим рисункам древнеримского врача Галена. Более 14 веков они были основным источником сведений о человеческом теле.

В средние века светские власти и церковь противились вскрытию трупов. В 1238 году медикам города Салерно разрешили вскрывать трупы один раз в пять лет. В 1341 году власти Падуи позволили вскрывать трупы уже два раза в год, а в 1368 году Большой совет Венецианской республики разрешил вскрывать трупы преступников раз в год.

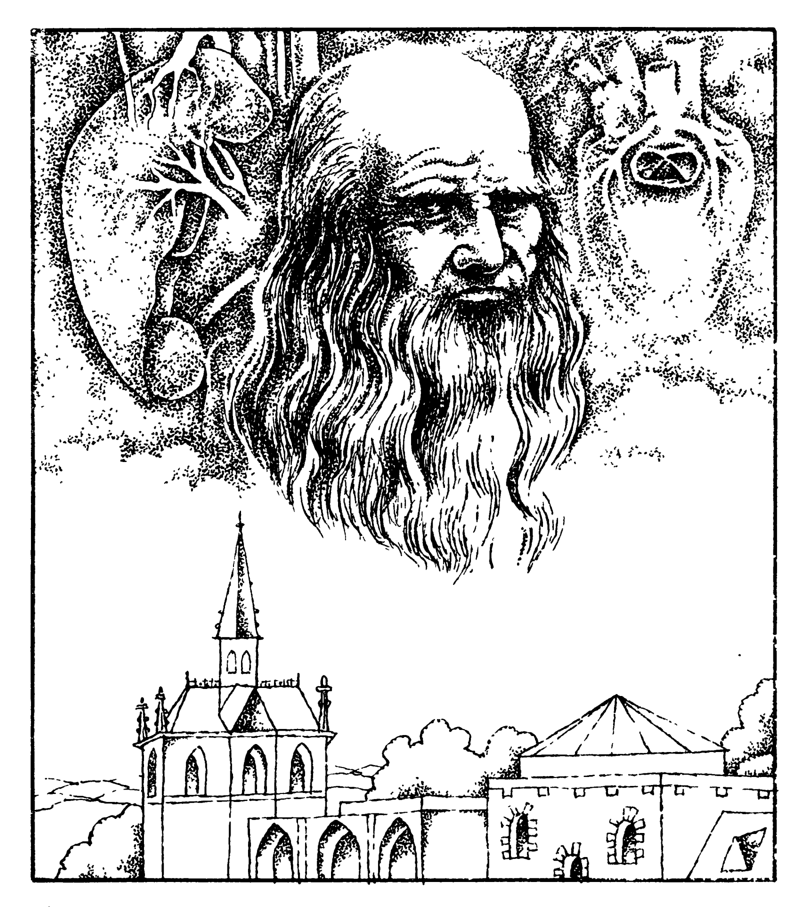
В позднее средневековье трупы вскрывались принародно. Это было публичное зрелище, на которое приглашалась вся городская знать. Заканчивалось «представле-

ние» музыкой. Отсюда и произошло название «анатомический театр».

Систематическое вскрытие трупов с целью изучения строения внутренних органов началось только в эпоху Возрождения. Большая заслуга в этом принадлежит величайшему художнику и ученому Леонардо да Винчи.

Основателем научной анатомии по праву считается А. Везалий (1514—1564 гг.) — профессор кафедры анатомии в университете в Падуе. Книги Везалия на протяжении нескольких веков были основными учебниками по анатомии.

В XVII веке началось физиологическое осмысливание данных анатомии. Это физиологическое направление связано прежде всего с именем английского врача У. Гарвея



(1578—1657 гг.), опубликовавшего свои знаменитые исследования по кровообращению. Отныне строение органов человека изучалось только в тесной связи с их функцией. Наука о функции органов называется физиологией. Она подразделяется на физиологию нормального (нормальная физиология) и больного организма (патологическая физиология).

Следующий, XVIII век, положил начало патологической анатомии — науке о строении органов человека при их повреждении и заболевании. Родоначальником этого нового направления анатомии стал итальянский врач Д. Морганьи (1682—1771 гг.).

Итак, к концу XVIII века окончательно оформилась наука о строении человеческого тела — анатомия. При этом органы человека изучались в связи с их функцией и заболеваниями. Однако исследования проводились либо на животных, либо на трупах и к медицинской диагностике, то есть распознаванию заболеваний, непосредственного отношения не имели.

Принципиально новый скачок был сделан в XIX веке, когда немецкий физик В. Рентген открыл свои знаменитые Х-лучи.

Именно рентгеновские лучи позволили изучать внутренние органы, не разрушая внешних покровов человека. С созданием медицинской рентгенологии, которую один из основоположников ленинградской школы анатомов, профессор В. Тонков, метко назвал «анатомией на живом», возникло принципиально новое научное направление — изучение органов живого человека.

Однако в силу ряда причин рентгеновский метод отнюдь не стал универсальным. Многие органы и ткани, близкие по своей плотности, не находили отображения на рентгенограммах. Правда, появились контрастные методы рентгенологического исследования, когда для улучшения видимости в исследуемые органы вводили рентгенонепрозрачные или, наоборот, рентгенопрозрачные вещества.

Рентгеновский метод, увы, имеет ряд существенных недостатков. Главный из них — он нередко не дает сведений о функции органов. В некоторых случаях, правда, можно составить общие представления о жизнедеятельности органа. Следя, например, на экране рентгеновского аппарата за сокращением сердца, врач делает вывод о состоянии сердечной мышцы. Изучая прохождение рентгеноконтрастной пищи через пищеварительный канал,

можно характеризовать моторику и проходимость пищевода, желудка, кишечника. Наблюдая за выведением рентгеноконтрастного вещества почками, рентгенолог судит о функции мочевыделительной системы.

Правда, все эти данные являются косвенными. Они лишь вторично, опосредованно характеризуют жизнедеятельность органа.

Между видимыми на рентгеновском экране сердечными сокращениями и истинной функциональной характеристикой сердечной мышцы — дистанция огромного размера.

Прохождение по пищеварительному тракту рентгеноконтрастной пищи — обычно для этих целей применяют сернокислый барий — не в полной мере отражает действительную функцию органов пищеварения. То же самое можно сказать и о рентгенологическом исследовании мочевого тракта с помощью рентгеноконтрастных препаратов. Контрастные вещества, используемые в рентгенодиагностике, либо не включаются в обмен веществ в исследуемых органах, либо включаются в него, но не в главные, ведущие механизмы жизнедеятельности.

Иначе обстоит дело с радионуклидным методом. Он основан на свойстве меченых радиоактивных химических веществ, или радиофармпрепаратов, интенсивно включаться в обменные процессы в органах и фиксироваться в них на то или иное время. Радионуклидное изображение, таким образом, это живая картина функционально активного органа человека.

Чем выше функциональная активность органа, тем больше в нем накапливается радиофармпрепарата, тем выше уровень регистрируемой над поверхностью человеческого тела радиоактивности. В этом и состоит, собственно, принцип радионуклидного метода получения информации.

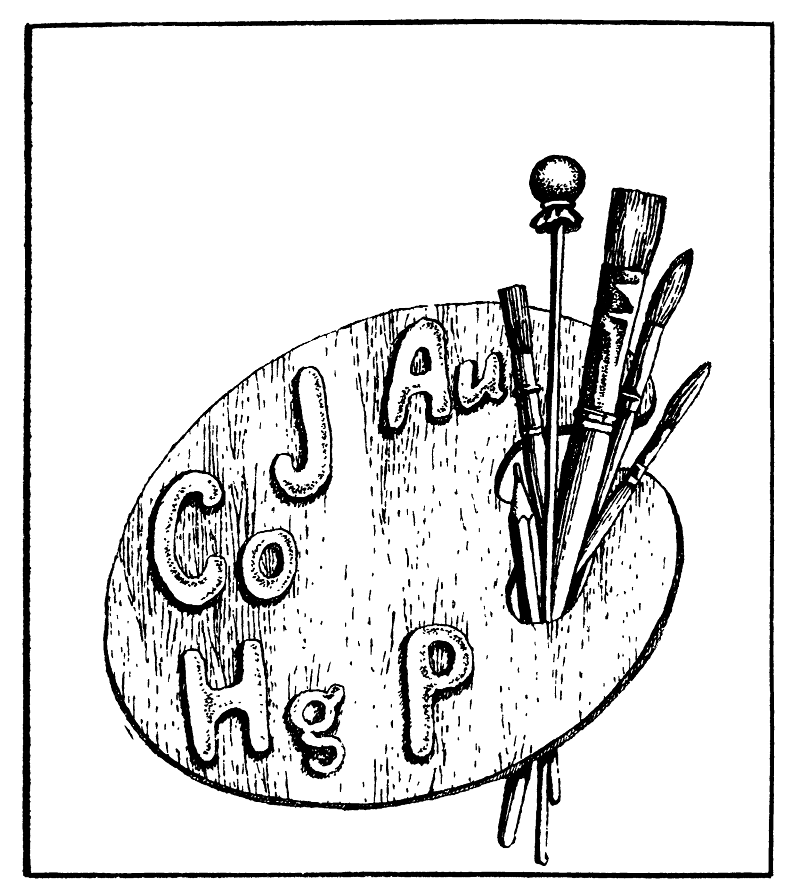
ВЫБОР ПРЕПАРАТА

Радиофармпрепараты, которые используются в радионуклидной диагностике, кроме способности генерировать определенный вид излучений, должны отвечать и биологическим требованиям, в частности, включаться в обменные процессы органов. При выборе необходимого препарата к нему предъявляют разносторонние требования. Он обязан обладать короткой продолжительностью жизни, быстро выводиться из организма, чтобы при внутрен-

нем употреблении не нанести вред человеку, испускать гамма-кванты или частицы определенных энергий, чтобы их могли зарегистрировать приборы. Радиоактивные нуклиды, кроме того, должны прочно удерживаться в молекуле химического вещества.

Радиофармпрепараты для радионуклидной диагностики получают различным способом (а удалось их получить уже более сотни!).

Наиболее старый из них — реакторный. В атомном реакторе радиоактивные вещества получают двояким способом. Можно облучить отдельные химические элементы нейтронами, которых в реакторе великое множество, и тогда образуются новые элементы, но уже радиоактивные. При другом способе из атомного реактора уда-



ляют отходы — продукты деления урана. Среди них немало радиоактивных элементов, которые после химической очистки пригодны для клинической практики. Подобным образом получают йод-131, кобальт-60, фосфор-32, золото-198, ртуть-197 и некоторые другие нуклиды. На основе этих нуклидов изготавливаются такие радиофармпрепараты, как коллоид, меченный радиоактивным золотом, белок, меченный радиоактивным йодом, препарат неогидрин, меченный радиоактивной ртутью.

Однако у реакторных препаратов есть один существенный недостаток: слишком большая продолжительность жизни, или, как говорят, физики, большой период полураспада. Он измеряется днями. У золота-198 он, например, составляет 2,8 дня, у йода-131 — 8,1 дня, у фосфора-32 — 14 дней.

Что же тут плохого? Только то, что долгая жизнь радиоактивного вещества в организме человека вызывает нежелательное облучение. Поэтому использовать в клинической практике радиофармпрепараты реакторной группы приходится весьма ограниченно. Существует даже тенденция резко уменьшить, а в перспективе — и полностью прекратить использование в клинике подобных веществ.

Решением проблемы получения радиофармпрепаратов стало создание в начале 60-х годов так называемых генераторных нуклидов.

Эти радионуклиды — среди них наиболее распространены технеций-99m и индий-113m — получают в специальных приборах — генераторах.

Генератор — это небольшой стеклянный сосуд, в котором находится радиоактивное вещество — материнский радионуклид. Для генераторов, в которых получают радиоактивный технеций, таким материнским нуклидом служит радиоактивный молибден, а для индиевых генераторов — радиоактивное олово.

В процессе радиоактивных превращений материнские нуклиды переходят в дочерние радиоактивные нуклиды — технеций и индий. Промыв генератор физиологическим раствором, можно получить рабочий раствор технеция или индия. Затем этими радиоактивными нуклидами метят химические вещества и получают таким образом радиофармпрепараты.

Оба элемента — технеций-99m и индий-113m — обладают коротким периодом полураспада. У первого он составляет всего 6 часов, у второго и того меньше —

1,5 часа. Короткий период полураспада — серьезное преимущество генераторных радионуклидов.

Введение радиофармпрепаратов, меченных генераторными нуклидами, связано с очень небольшой лучевой нагрузкой, во много сотен и даже тысяч раз меньшей, чем при введении в организм перечисленных выше реакторных нуклидов.

Благодаря простому устройству, компактности и легкости в употреблении генераторы стали доступными любому лечебному учреждению, располагающему лабораторией радионуклидной диагностики.

Другим перспективным направлением в технологии получения радиофармпрепаратов стало использование для этих целей специального циклотрона — ускорителя заряженных частиц. Циклотронные радионуклиды также относятся к короткоживущим веществам. Период их полураспада — всего несколько часов или даже минут.

Интересно, как они себя ведут в организме человека. Циклотронный нуклид таллий-201 избирательно поглощается сердечной мышцей и, следовательно, может быть использован для диагностики ее заболеваний. Другой циклотронный радионуклид — галлий-67 — избирательно поглощается опухолевой тканью, и, таким образом, с его помощью можно выявлять скрытые опухоли внутренних органов.

В ближайшее время в нашей стране намечается получение циклотронного йода-123, который придет на смену распространенному сейчас реакторному йоду-131. Период полураспада йода-123 в 750 раз (!) короче, чем у его реакторного аналога.

Чрезвычайно перспективным направлением является разработка так называемых ультракороткоживущих нуклидов. Последние обладают важным свойством испускать позитроны. Напомним, что позитрон — элементарная частица с массой, равной электрону, но имеющая положительный заряд. К таким нуклидам можно отнести углерод-11, азот-13, кислород-15, фтор-18. Позитрон-излучающие ультракороткоживущие нуклиды — принципиально новый этап в ядерной медицине. Пока еще в этом направлении сделаны первые, но уже весьма обнадеживающие шаги.

Нуклиды этой группы обладают целым рядом важных для врача свойств.

Прежде всего у них очень короткий, исчисляемый минутами период полураспада. У азота-13 он, например,

составляет всего 10,5 минуты, у кислорода-15 и того меньше — 2 минуты. Понятно, что введение таких радиофармпрепаратов практически безвредно для человека и применять их можно даже грудным детям.

Другим достоинством позитрон-излучающих нуклидов является их способность метить очень важные биологические вещества, например, углеводы. Изучение распределения в организме меченых углеводов позволяет диагностировать ряд клинически важных изменений в органах и тканях человека.

Еще одно ценное свойство указанной группы ультракороткоживущих нуклидов — способность излучать позитроны. Это свойство легло в основу нового принципа получения изображения внутренних органов — послойного позитронного исследования. Такой метод получил название позитронной томографии. «Томос» по-гречески означает «слой».

КАК СФОТОГРАФИРОВАТЬ РАДИОНУКЛИД!

Идея получения радионуклидных изображений органов человека была впервые сформулирована и реализована на практике группой исследователей под руководством Б. Кассена в 1951 году. Смысл ее состоял в следующем. Чтобы получить изображение того или иного органа, человеку вводят радиоактивное вещество, которое способно избирательно накапливаться в этом органе и испускать гамма-кванты, сообщая тем самым о своем присутствии.

После того как радиоактивное вещество сконцентрировалось в органе, над поверхностью пациента в зоне исследуемого органа начинает медленно перемещаться специальный детектор. Он улавливает радиоактивные излучения и сигнализирует об этом писчику. Как только детектор зарегистрирует гамма-квант, писчик отметит это событие штрихом. Чаще поступают гамма-кванты на детектор — гуще ложатся штрихи на бумаге.

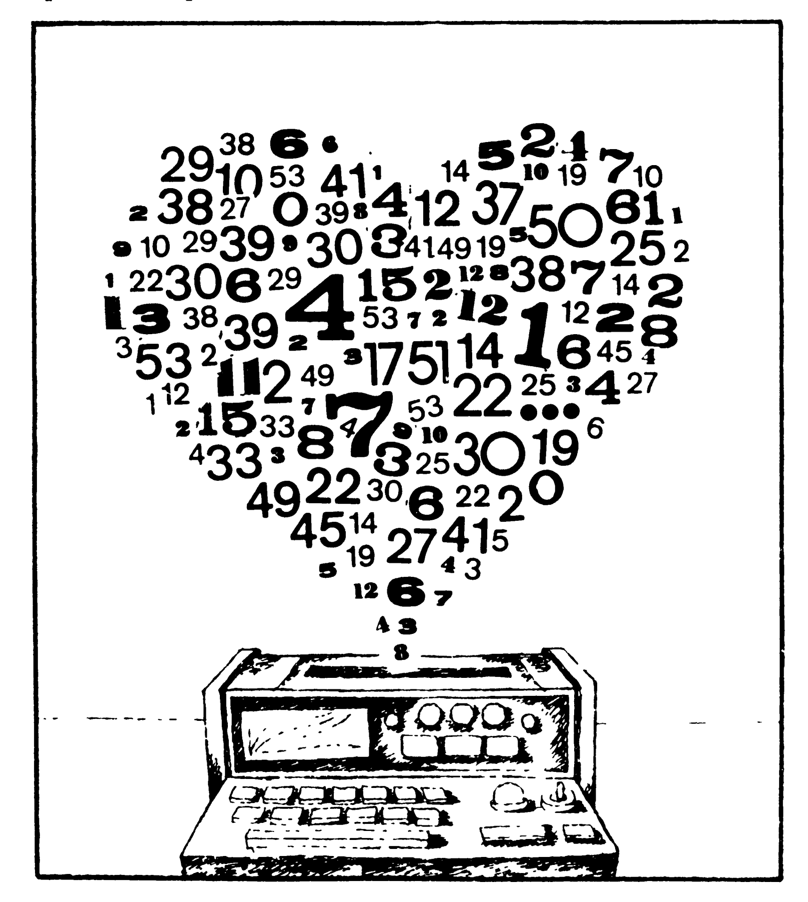
Когда детектор «просмотрит» весь район расположения органа, на листе бумаги появится его штриховое изображение. При заболеваниях в некоторых участках органа радиофармпрепарата может накапливаться то больше, то меньше. Этим участкам будут соответствовать зоны сгущения, или, наоборот, разрежения штрихов на бумаге.

Вместо писчика и обычной бумаги могут использо-

ваться электрическая лампочка и фотобумага. Тогда попадание каждого гамма-кванта на детектор будет сопровождаться вспышкой электрической лампочки и засветкой фотобумаги. После химической обработки на фотобумаге появится изображение органа.

Вслед за черно-белым изображением был предложен цветной метод регистрации. Изображение органа раскрашивалось в зависимости от количества накопившегося радиофармпрепарата в условные цвета — красный, желтый, синий, коричневый и т. д.

Цветной метод делал изображение более наглядным. При этом лучше выявлялись небольшие перепады радиоактивности, которые свидетельствовали о болезненном процессе в органе.



В конце 60-х годов был предложен еще один способ получения изображения органа на бумаге — цифровой. В нем уровень накопления радиофармпрепарата отображался на бумаге условной цифрой: 1, 2, 3, 4 и т. д. Чем больше скапливалось радиоактивного вещества в участке органа, тем выше оказывалась цифра, изображающая этот участок на бумаге.

Рассматриваемый метод получения изображения органов получил название сканирования от английского слова scan — «рассматривать» (последовательно по строкам). Аппараты, на которых выполнялись такие исследования, стали называть сканерами.

Методы сканирования оказали буквально революционизирующее влияние на медицинскую диагностику. Шутка ли, впервые через полвека после открытия рентгеновских лучей врачи получили в свое распоряжение еще один способ заглянуть внутрь человека.

Более того, оказалось, что сканирование в отличие от рентгеноскопии позволяет судить не только о расположении органа и деталях его строения, но и, что особенно важно, исследовать функцию, притом не только всего органа в целом, суммарно, но и отдельных, весьма мелких его участков. Диагностическую ценность таких сведений для врача трудно переоценить, и потому сканирование было с большим энтузиазмом воспринято врачами самых различных специальностей: хирургами, терапевтами, онкологами, педиатрами и др.

Особенно подробно вопросы сканирования были рассмотрены на I Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, которая состоялась в 1955 году в Женеве.

В 1959 году, учитывая большое значение сканирования для клинической практики, Всемирная организация здравоохранения совместно с Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) провели в Вене специальный симпозиум. Подобные симпозиумы состоялись также в 1962 году в США, в 1964 году — в Греции, в 1968-м — в Австрии.

Однако методу сканирования свойствен и ряд существенных недостатков. Во-первых, слишком долго длится исследование больного — десятки минут, а иногда даже час. За это время наступает перераспределение радиофармпрепарата в исследуемом органе, что, естественно, меняет топографическую картину на сканограмме и, таким образом, ухудшает изображение органа. Кроме того,

больной, даже самый терпеливый, волей-неволей меняет свою позу у аппарата. Это неизбежно приводит к нерезкости изображения, размытости краев органа, нивелировке небольших структурных элементов изображения.

В последних моделях сканеров, в которых используются сложные многодетекторные датчики и скорости их перемещения увеличены, удалось сократить время исследования до 5—10 минут. Однако и такая продолжительность велика, если сопоставить ее, например, с дыхательными колебаниями тела человека или сердечными сокращениями. На этом метод сканирования технически себя исчерпал.

Принципиально новая идея получения радионуклидного изображения органов человека была сформулирована и плодотворно разработана в 1952—1965 годах профессором Калифорнийского университета Х. Анжером. Он предложил использовать неподвижный сцинтилляционный кристалл очень большого диаметра, около 30 сантиметров. Поверхность такого кристалла была поделена специальными перегородками на множество мелких полей, которые стали по существу элементарными воспринимающими радиацию ячейками.

Поскольку сцинтилляционный кристалл имел большие размеры, в его поле зрения оказывался целиком весь исследуемый орган и даже два парных органа, таких, как например почки или легкие.

Принцип работы гамма-камеры — а именно такое название получил этот прибор — состоит в следующем. Над поверхностью тела больного, над исследуемым органом, в котором сконцентрировался радиофармпрепарат, устанавливается детектор гамма-камеры. Испускаемые радиофармпрепаратом гамма-кванты проникают в сцинтилляционный кристалл только через узкие каналы. При этом каждому небольшому участку тела человека точно соответствует находящийся против него участок кристалла.

Электрические импульсы, возникающие в детекторе, передаются затем на экран электронно-лучевой трубки, или осциллоскоп. С помощью специальной электронной схемы, называемой матрицей, взаимное расположение вспышек на сцинтилляционном кристалле передается на экран осциллоскопа. В итоге световая картина, получаемая на осциллоскопе, точно отражает распределение радиофармпрепарата в органе человека. Далее это изображение может быть зарегистрировано на фотобумаге, пе-

редано на экран телевизора. Можно, как и при сканировании, применить цветовое кодирование изображения, использовав, конечно же, цветной телевизор и цветную фотобумагу.

Способ исследования органов человека с помощью гамма-камер получил название гаммасцинтиграфии. У него по сравнению со сканированием два существенных преимущества.

Во-первых, время получения изображения составляет всего несколько секунд. Поэтому камерное изображение отличается очень высоким качеством.

Во-вторых, гамма-камера позволяет широко использовать электронно-вычислительную технику для обработки изображений, от микро-ЭВМ до супер-ЭВМ и даже систем и сетей ЭВМ. Подобные сложные устройства, включающие в себя гамма-камеру и компьютер, получили название компьютерно-сцинтиграфических систем.

НАЧАЛО КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ДИАГНОСТИКИ

Применение компьютеров — новый, качественно иной этап радионуклидной диагностики. Впрочем, не только радионуклидной, но и вообще всей медицинской диагностики.

В представлении большинства людей компьютеры — это мощные и скоростные арифмометры, призванные упростить и ускорить различные вычисления. Возникает вопрос, так ли уж много подлежащих компьютеризации вычислений в медицине, науке, как традиционно принято считать, описательной?

Но в наш век многие привычные, устоявшиеся точки зрения приходится пересматривать. Вряд ли справедливо относить современную медицину к неточной, описательной области знаний. Сейчас медицинская диагностика базируется на очень точных и объективных параметрах жизнедеятельности человека. Что же касается компьютеров, то, по сути дела, это не столько вычислительная, сколько логическая машина.

В любом компьютере можно выделить две основные части: сам аппарат и его математическое обеспечение.

В аппаратной части ЭВМ различают центральный процессор, устройство памяти и периферийное оборудование. К последнему относятся разнообразные приспособления, или, как их еще называют, «терминалы», для ввода и вывода информации.

Главной частью любой ЭВМ является центральный процессор. В нем происходит вся обработка поступающей информации. Процессор изготавливается из специального кристалла, который имеет небольшие размеры — всего около одного сантиметра. При необходимости обрабатывать очень большой массив информации центральной процессор выполняют в виде группы кристаллов. В процессоре есть арифметическое устройство, которое предназначено для быстрых вычислений, и управляющее устройство. Его задача — управление и контроль за ходом выполнения программ. Оно должно правильно и вовремя прочесть нужную команду, отдать приказ арифметическому устройству выполнить те или иные вычисления, проследить за своевременностью и порядком работы всех периферийных устройств ЭВМ.

Память ЭВМ хранит данные, подлежащие обработке, программы и команды, по которым эта обработка будет производиться, а также промежуточные результаты, необходимые в процессе вычислений.

Физическими носителями информации в ЭВМ могут быть специальные кристаллы, а также магнитные диски и магнитные ленты.

Единицей измерения объема памяти в вычислительной технике является байт. В такой объем памяти можно уложить одну букву или две десятичные цифры. Тысяча байт составляет килобайт, или сокращенно К, один миллион байт — мегабайт — обозначается М.

Вся память ЭВМ разбита на ячейки, каждая из которых имеет свой номер или адрес. По нему легко отыскать и извлечь из памяти любую необходимую информацию. У разных ЭВМ размеры ячеек различны, но чаще они содержат от 8 до 24 элементарных единиц информации — бит.

У ЭВМ несколько видов памяти. Одна из них — внутренняя, или оперативная. В ней условным кодом записаны правила и команды, по которым должна работать машина. Это постоянное запоминающее устройство. Информация в нем записывается на заводе, изготовившем ЭВМ, и хранится там постоянно, в течение всего времени, пока существует аппарат.

Другая часть оперативной памяти ЭВМ — временная. Она заполняется только на период работы ЭВМ по какой-либо заданной конкретной программе. Как только необходимые вычисления будут закончены, временная

память ЭВМ очистится от ставшей уже ненужной информации, и машина будет готова к дальнейшей работе.

В ядерной медицине наиболее часто применяются ЭВМ, которые имеют объем оперативной памяти от 8 до 32 килобайт. В таком объеме памяти можно выполнить подавляющее большинство радионуклидных исследований.

С оперативной памятью ЭВМ тесно взаимодействует другая память — внешняя. Обычно это магнитный диск — твердый, изготовленный из металлического сплава, или гибкий, на пластмассовой основе.

Объем внешней памяти значительно больше, чем внутренней, — как правило, несколько мегабайт. В последних, наиболее современных компьютерах, используемых в радионуклидной диагностике, применяются новейшие сверхскоростные, так называемые винчестеровские машинные диски памяти в 100 мегабайт и более.

Объем памяти — важнейшее свойство компьютера. Чем она больше, тем шире диапазон исследований, которые можно проводить на таком аппарате.

Современные компьютерные системы способны собирать данные о больном со скоростью до 22 тысяч событий в секунду. Это дает возможность наблюдать за работой исследуемого органа, например, сердца, в реальном масштабе времени, выполнять киносъемку с частотой до 40—50 кадров в секунду.

И первые и все последующие ЭВМ, применяемые в радионуклидной диагностике, относятся к так называемому цифровому типу. Это означает, что всю поступающую информацию они обрабатывают путем манипуляций с двумя цифрами — нулем и единицей.

Для этого во входной части ЭВМ предусмотрено специальное устройство — устройство ввода, которое преобразует все обилие поступающих данных, будь то изображение органа человека, показатели его функции или просто сведения о больном, в длинную серию цифр — нулей и единиц.

Потребность постоянного и тесного контакта врача и ЭВМ привела к необходимости разработать принципиально новый, особый язык. Он должен был иметь свою «человеческую логику» и в то же время быть способен управлять работой ЭВМ.

Такие языки были созданы в середине 50-х годов. Они получили название алгоритмических языков высокого

уровня. В настоящее время их число перевалило за сотню.

Однако в радионуклидной диагностике их применяется немного, не более пяти-шести. Основной из них ФОРТРАН. Это сокращенные английские слова — FORmular — формульный, TRANslator — транслятор, переводчик. Таким образом, как следует из названия, его задача преобразовать формулы и логические операции, задаваемые пользователем — этим скучным словом именуют всех, кто общается с ЭВМ: врачей, лаборантов, инженеров — во внутренний, машинный язык ЭВМ.

В последующие годы ФОРТРАН был несколько модифицирован. Появились его диалекты: ФОРТРАН-IV и др. Язык ФОРТРАН отличается простотой конструкции и в то же время универсальностью. Он пригоден для многих типов ЭВМ. Врач осваивает его без труда в течение нескольких недель.

Кроме ФОРТРАНа, в ЭВМ используются другие алгоритмические языки высокого уровня. На их основе были созданы специальные программы, обеспечивающие радионуклидные исследования.

Составление и разработка программ для радионуклидной диагностики — задача сложная и дорогостоящая. Для большинства ЭВМ стоимость программ обычно в 5—10 раз превышает стоимость самой ЭВМ. При этом некоторые программы прикладного характера, а именно к ним относятся используемые в радионуклидной диагностике, увы, довольно быстро устаревают. Это вполне естественно, ведь появляются новые методы исследования, новые радиоактивные вещества, совершенствуется аппаратная часть ЭВМ. Вот почему срок пользования программами прикладного характера обычно ограничен 10—15 годами.

Наиболее прогрессивные модели гамма-камер имеют математическое обеспечение со свободным программированием, которое позволяет более гибко приспосабливать ЭВМ к меняющимся требованиям радионуклидной диагностики. Несколько прикладных программ, предназначенных для использования в радионуклидной диагностике для решения близких по характеру задач, объединяются в пакеты прикладных программ. Несколько пакетов составляют уже библиотеку прикладных программ. Разумеется, в других областях науки и техники существуют свои пакеты и библиотеки прикладных программ.

Развитие компьютерной техники в медицине привело

к созданию системы коллективного пользования ЭВМ больницы. В нее входит мощная ЭВМ, которая через каналы связи соединяется с большим количеством терминалов — гамма-камер, ультразвуковых диагностических приборов и других аппаратов. Каждый терминал — их может быть как угодно много: 5, 10, 50 — имеет устройство ввода в систему ЭВМ и получения от нее результатов.

Такая система коллективного пользования ЭВМ экономична, обладает большими функциональными возможностями и обеспечивает максимально эффективное использование всей имеющейся в лечебном учреждении диагностической аппаратуры.

В компьютере, предназначенном для радионуклидной диагностики, как и в любой другой ЭВМ, широко представлено периферийное оборудование. В него входят различные устройства ввода информации в ЭВМ и вывода из нее. Это специальные устройства для считывания данных с перфокарт и перфолент, с магнитных дисков и магнитных лент, перфораторы для набивки перфокарт и перфолент, системы для хранения информации на магнитных лентах и дисках.

Важное значение имеют дисплеи, которые обязательно есть у любой ЭВМ. Назначение дисплея — отображать получающуюся информацию в удобной для врача форме.

На дисплее врач видит исследуемый орган в натуральную величину, либо в уменьшенном или, наоборот, увеличенном виде. Он может просмотреть орган по частям, «разрезать» его на куски, перевернуть вокруг оси. Дисплей позволяет сложить несколько изображений органа, которые получены в различные фазы радионуклидного исследования, поделить или вычесть эти изображения. Более того, можно заняться искусственным построением образов из нескольких изображений различных органов одного и того же человека, хранящихся в памяти ЭВМ и полученных в различное время.

На дисплее одновременно отображается много других сведений о больном: паспортные данные, характер заболевания, состояние других органов.

Особенно наглядна и эффектна информация, поступающая в ЭВМ на цветной дисплей. В таких случаях органы человека раскрашены в различные цвета. Каждый цвет отражает определенное свойство органа, например, накапливать или выводить радиоактивное вещество.

Врач общается с дисплеем с помощью специальной

клавиатуры, приблизительно такой же, как в пишущей машинке. В ней есть клавиши цифр, букв, условных символов. Однако в отличие от пишущей машинки клавиатура дисплея ЭВМ содержит много служебных клавиш. Они предназначены для различных манипуляций с изображением. Нажатием таких клавиш можно, например, перевернуть изображение, стереть ненужную его часть, «отбуксировать», то есть переместить изображение из одной части экрана в другую и т. д.

Чтобы зафиксировать результаты радионуклидных исследований, ЭВМ снабжают средствами машинной графики. К ним относятся графопостроители и алфавитно-цифровые печатающие устройства.

Первые выдают на бумажной ленте графики, отражающие работу исследуемого органа. На графопостроителях получают также изображение органа. Оно может иметь суммарный характер или представлять отдельные части тела. Последние модели ЭВМ, применяющиеся в радионуклидной диагностике, снабжены графопостроителями, создающими цветное изображение органа.

Другое устройство вывода ЭВМ — алфавитно-цифровое печатающее устройство - его называют еще иначе принтером — играет роль пишущей машинки. С помощью принтера на печать выводится вся служебная информация о больном, а также описательные и цифровые данные выполненного радионуклидного исследования.

Весьма распространенным носителем радионуклидного изображения органов служит специальная фотобумага «Поляроид». Химическая обработка ее проводится в специальной кассете, притом очень быстро — всего за однудве минуты.

В 1961 году американский невролог Г. Олдендорф и радиолог Д. Кул высказали оригинальную идею: получать радионуклидное послойное изображение органа — радионуклидную томограмму. Для реализации этой идеи авторы предложили специальный аппарат. В нем детектор радиоактивных излучений перемещался над поверхностью тела пациента по особой точно рассчитанной кривой. Однако отсутствие надежных детекторов и, главное, примитивная обработка поступающей информации не позволили получать качественное изображение.

К идее Олдендорфа и Кула ученые вернулись спустя десятилетие, когда появились мощные компьютеры, и, что не менее важно, была разработана математическая теория построения, или реконструкция послойных изображений.

В середине 70-х годов был разработан новый метод визуализации органов человека, названный радионуклидной эмиссионной томографией. Сущность метода такова: больному вводят радиоактивное вещество, которое накапливается в каком-либо органе, а затем производят сцинтиграфическое исследование. При этом детектор гамма-камеры медленно вращается вокруг больного. В каждый отдельный момент времени в память компьютера посылается соответствующее изображение исследуемого органа.

Когда детектор совершит полный оборот вокруг человека, в центральном процессоре компьютера начинается реконструкция изображения. Получаемая в итоге картина говорит о распределении радиофармпрепарата в поперечном сечении органа. Послойная камерная визуализация позволила выявлять очень мелкие, всего в несколько миллиметров детали органа, притом расположенные на большой глубине.

Ныне радионуклидная эмиссионная томография — один из наиболее распространенных методов получения изображения органов с помощью радиоактивных нуклидов.

Последнее достижение радионуклидной визуализации органов человека — позитронная двухфотонная томография. Этот метод разработан на рубеже 80-х годов и только-только начинает внедряться в медицину. Суть ее в следующем. Чтобы получить изображение, в организм человека вводят особые радиоактивные вещества, которые способны накапливаться в исследуемом органе и обладают свойством испускать позитроны.

Жизнь позитронов недолговечна. Как только они вылетают из атома, происходит их взаимодействие с электронами, которых в окружении атомов величайшее множество. В результате слияния позитрона с электроном — в физике это называется аннигиляцией — рождаются два гамма-кванта, которые разлетаются в противоположные стороны. Их-то и улавливает гамма-камера с помощью своих детекторов, размещенных над поверхностью тела больного.

Поскольку длина пути гамма-квантов от места их возникновения до детекторов гамма-камеры неодинакова, регистрация излучения в памяти компьютера происходит неодновременно. В результате этого вырабатывается сигнал, который характеризует положение источника гамма-квантов в пространстве, то есть в исследуемом органе.

Итоговая сцинтиграфическая картина, как и при однофотонной эмиссионной томографии, показывает распределение радиофармпрепаратов в изолированном слое органа человека.

Но в отличие от однофотонной радионуклидной томографии исследование с позитронными излучателями обладает одним очень важным преимуществом, которое связано с характером вводимых в организм человека радиоактивных веществ. Позитронизлучающие радионуклиды — углерод-11, кислород-15, азот-13 и др. — способны соединяться с веществами, которые участвуют в обменных процессах в головном мозге и мышце сердца. Одно из таких веществ — глюкоза. Стало быть, двухфотонная позитронная томография способна отобразить изолированный слой активно функционирующей ткани головного мозга или сердечной мышцы.

Научную и практическую значимость двухфотонной позитронной томографии трудно переоценить. Данные этого исследования носят порою уникальный характер. Так, благодаря этому методу можно выявить самые начальные стадии ишемической болезни сердца. Ведь даже небольшое снижение кровоснабжения сердечной мышцы неизбежно отразится на том, как она поглощает радиоактивную глюкозу. Этот факт точно зарегистрирует гамма-камера.

В 1983 году американские исследователи во главе с Т. Фелпсом опубликовали уникальные, добытые с помощью позитронной двухфотонной томографии данные. Получив изображение слоя головного мозга, после того как больному дали радиоактивную глюкозу, они затем попросили пациента закрыть глаза. Новое изображение мозга значительно отличалось от предыдущего. И удивляться тут нечему: ведь перерабатывая любую информацию, в том числе поступающую из органов зрения, наш мозг поглощает глюкозу.

Исследователи пошли дальше — заткнули больному уши, исключили влияние слухового анализатора. И вот результат: третье изображение отличалось и от первого, и от второго.

Обнаружилось, кстати, что изображение головного мозга на позитронных томографах различно в зависимости от тона и тембра звуков. Мелодичные раздражители дают совсем иную картину, чем грубые, бессистемные. Картина мозга менялась также в зависимости от того, что

рассматривал пациент: яркие или блеклые краски, пейзажи или абстрактные эстампы.

Исследования по функциональной визуализации головного мозга с помощью двухфотонной позитронной томографии только начинаются. Пока трудно даже предвидеть весь диапазон ее возможного применения. Можно лишь предполагать, что наряду с традиционными задачами радионуклидной томографии (выявление опухолей и других органических заболеваний мозга) исследование с позитронизлучающими нуклидами может найти применение в психологии, психиатрии, физиологии головного мозга.

Введение в обиход компьютерно-сцинтиграфических комплексов, высокоскоростных систем регистрации радиоактивного излучения и записи его в оперативную память компьютера позволило записывать изображения сердца синхронно с фазами его сократительной деятельности. Появились гамма-камеры, получающие изображение сердца в периоды максимального сокращения и расслабления, то есть в систолу и диастолу. Сопоставив эти объемы сердца на видеодисплейном терминале, врач получает уникальную информацию о сократительной функции мышцы сердца.

В последнее время появились автономные видеодисплейные терминалы. Гибкий магнитный диск напоминает пластмассовую грампластинку. На этом диске записана вся информация о радионуклидном исследовании больного, все признаки его заболевания, параметры жизнедеятельности его органов, послойное их изображение. Специалист по радионуклидной диагностике вставляет такую диск-пластинку в автономный терминал, напоминающий видеомагнитофон, и на экране дисплея вспыхивает серия изображений пораженного органа. Врач начинает диалог с терминалом, задавая возрастающей сложности вопросы, и на каждый из них он получает ясный и вразумительный ответ. Таковы технические возможности современной радионуклидной диагностики.

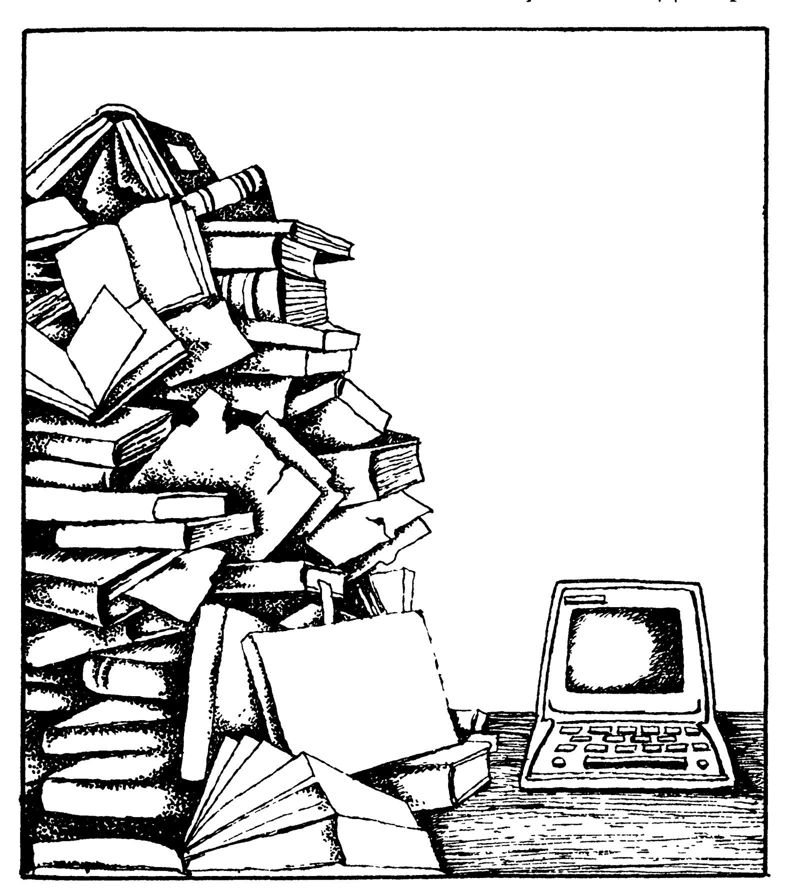
ЗАЧЕМ НУЖЕН ПЕРСОНАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР?

По данным ЮНЕСКО, около половины всего занятого населения развитых стран мира прямо или косвенно связано сейчас с производством и переработкой информации. Это положение справедливо и для медицины. Но если вдуматься, то что же получается! Равное число людей

лечит больных, ухаживает за ними и столько же при бумагах! Выход один — необходима промышленная технология накопления, обработки и представления знаний.

Революционные преобразования в этом направлении начались в середине 70-х годов. Несколько молодых американских инженеров под руководством С. Джобса взялись за усовершенствование электронных настольных игр. Основная идея состояла в том, чтобы внести в игру элементы маленькой ЭВМ с ее более гибким программным обеспечением.

Созданный таким образом комбайн превзошел все ожидания. Главенствующая первоначально «игровая карьера» нового аппарата, названного авторами «персональным компьютером», отошла на второй план. Две тре-



ти первого тиража персональных компьютеров ушло в область профессиональных занятий, а не в сферу досуга, куда они первоначально предназначались.

«Торговая карьера» была ошеломляющей. Персональные компьютеры легко, играючи захватили внутренний и международные рынки развитых капиталистических стран мира. Годовой объем их сбыта только в США с 1976 по 1981 годы, то есть за 5 лет, вырос в 100 раз! В 1981 году он составил 2,2 миллиарда долларов! А в 1985 году достиг астрономической цифры — 6 миллиардов долларов. Подобного бума не знала еще ни одна отрасль промышленности.

Прогресс в области производства персональных компьютеров обусловлен прежде всего стремительным совершенствованием всей вычислительной техники, постоянным снижением ее стоимости, величины энергопотребления и в то же время — возрастанием скорости обработки информации.

Цены на логические элементы ЭВМ ежегодно снижаются на 25, а на устройства памяти даже на 40 процентов. За последние 25 лет скорость вычислений ЭВМ возросла в 200 раз, а размеры электропотребления снизились в 10 тысяч раз. Еще 5 лет назад на одном кристалле памяти персонального компьютера умещалось 16 килобайт информации, а сейчас уже имеются в продаже компьютеры с кристаллами памяти емкостью 256 килобайт.

Американские исследователи приводят интересные сведения. Если бы за последние 25 лет авиационная промышленность — одна из наиболее динамичных в промышленно развитых странах мира — развивалась столь же стремительно, как вычислительная техника, то «Боинг-707» можно было бы приобрести сегодня за 500 долларов и облететь на нем земной шар за 20 минут, израсходовав при этом всего 19 литров горючего.

Принципиальной особенностью персональных компьютеров, этих индивидуальных усилителей природных возможностей человеческого разума, является ориентация на самого широкого потребителя: врача, инженера, физика, студента, школьника, домохозяйку.

Невысокая стоимость в сочетании с гибким программным обеспечением, включающим хорошую защиту от ошибок пользователя-новичка, снискала персональному компьютеру большую популярность в самых широких кругах населения. Структура персональных компьютеров такова, что обеспечивает «дружественную реакцию»

на любые даже неадекватные и нелепые действия владельца, помогая ему исправить ошибку в общении с ним и подсказывая, как вести себя дальше.

Современный персональный компьютер представляет собой небольшую ЭВМ, размером с портативную пишущую машинку, основные задачи которой — восприятие информации, ее хранение, обработка и передача. Информация вводится с клавиатуры или поступает с периферийной памяти на магнитных дисках или лентах. К компьютеру можно подключить еще одно устройство — модем. С его помощью результаты можно передавать по телефону.

Персональный компьютер имеет основную память на кристаллах емкостью от 8 до 256 килобайт и внешнюю память на гибком магнитном диске. Емкость основной памяти — один из важнейших показателей качества. Чем больше основная память, тем больший арсенал прикладных программ можно использовать и тем, следовательно, шире функциональные возможности персонального компьютера. Но, заметим, и стоимость дороже.

Носителями внешней памяти служат магнитные ленты или диски. Первые ничем не отличаются от стандартных компактных магнитофонных. Только содержат они пакет программ объемом около 100—150 килобайт, предназначенный для какой-либо одной цели: обработки медицинской информации, расчета семейного бюджета, игры в шахматы и др. Недостатком магнитофонной кассеты является сравнительно большое время обращения к какому-либо адресу (или элементу) памяти.

Более прогрессивный вариант внешней памяти — гибкие диски. Это гибкие пластинки, диаметром 138 или 203 миллиметра. Изготавливаются они из специального материала — майлара. По обе стороны диска нанесен магнитный материал. Информация записывается на концентрические дорожки магнитными головками, которые перемещаются над поверхностью диска. Емкость большинства современных дисков — 200—500 килобайт. В самое последнее время появились алюминиевые диски для персональных компьютеров с емкостью памяти от 5 до 50 мегабайт, то есть в 10—100 раз большей, чем у гибких дисков. Диски дают возможность быстро обращаться к конкретному адресу памяти.

Пройдет немного времени, и на прилавках магазинов появятся многочисленные модели персональных компьютеров. Они войдут в наш дом так же естественно и вла-

стно, как в свое время проигрыватели и магнитофоны. И мы так же, как сейчас выбираем на свой вкус понравившуюся нам грампластинку или магнитофонную кассету, будем покупать гибкие диски или кассеты для производственной необходимости, домашних целей, изучения иностранного языка или самостоятельного овладения основами физики, для домашних игр. Уже есть программы для самостоятельной подготовки в школе, техникуме, вузе, самостоятельного изучения географии, истории, математики.

Очень своеобразны устройства вывода информации на печать, или принтеры (специальные печатающие устройства). Обычно информация, получаемая в персональных компьютерах, наблюдается на видеодисплее. Это либо монитор, либо обычный телевизионный приемник. В самое последнее время появились персональные компьютеры с плоскими дисплеями на основе жидкокристаллических и газоразрядных индикаторов. Такие компьютеры легко умещаются в «дипломате», их можно брать с собой на совещания, конференции и конгрессы, на деловые встречи, легко, оперативно и корректно решать многие важные вопросы.

Во многих случаях результаты обработки информации необходимо воспроизвести в виде текста или рисунка. С этой целью персональные компьютеры снабжаются термопринтами. Они выжигают изображение на специальной бумаге со скоростью около 50 знаков в секунду. Другой вид принтера — точечно-матричный. Его скорость достигает 200 знаков в секунду. Если есть соответствующие управляющие программы, точечно-матричный принтер позволяет получать как черно-белые, так и цветные графические изображения.

Еще один новый вид принтера — с лепестковым шрифтоносителем. Тексты, получаемые на таком принтере, очень высокого «типографского качества».

Итак, скоро на смену авторучке, пухлым, малопонятным и неудобным историям болезни, всему вороху входящих и исходящих бумаг придут персональные компьютеры. Лечебные учреждения преобразятся. Появятся электронные контролеры и регистраторы. Место огромных архивов займут компактные централизованные электронные банки данных. Подключиться к ним с любого врачебного персонального компьютера — дело секундное и простое.

Какие же конкретные функции может он исполнять

в качестве электронного помощника врача? В процессе своей деятельности врач общается с огромным количеством информации: только официальный перечень болезней составляет толстую книгу, а количество признаков этих заболеваний вообще не поддается учету. Все труднее и труднее ныне ориентироваться в лекарственных средствах, которых насчитывается уже десятки тысяч. И число их продолжает возрастать лавинообразно. Есть еще и справочные сведения другого рода, без которых врачу в его практической деятельности не обойтись: инструкции и приказы, положения, рекомендации и т. п. Держать всю эту информацию в голове нереально, пользоваться многочисленными справочниками — нерационально. Эту обременительную и хлопотную заботу по «наведению порядка» в информационном хозяйстве успешно может взять на себя персональный компьютер.

Он же — «записная книжка». В него можно удобно вносить и также удобно при необходимости получать нужные адреса и телефоны, расписание текущих дел, списки больных, которых необходимо посетить на дому или пригласить на дообследование и т. п.

Персональный компьютер — это удобная «рабочая тетрадь», куда можно заносить конспекты прочитанных книг или лекций, черновики писем, отчетов, статей, другие данные неофициального и неформального характера, которые мы так часто неосмотрительно заносим на первый попавшийся нам на глаза лист бумаги и затем долго сожалеем о безвозвратно потерянных сведениях.

Персональный компьютер — «лабораторный журнал», куда удобно заносить текущие результаты научных исследований: списки обследованных больных, полученные данные и т. п.

Персональный компьютер — это большой, хорошо программируемый микрокалькулятор, на котором можно производить массу вычислений по постоянным или редко меняющимся программам. Например, вычислить объем сердца по рентгенограммам грудной клетки, рассчитать дозу облучения при рентгенодиагностических и радионуклидных исследованиях, определить количество радиоактивного вещества, необходимого для исследования, и др.

Это универсальная микро-ЭВМ со всеми вытекающими отсюда функциональными возможностями. База данных, в том числе описывающих программное обеспечение самой машины. Персональный компьютер позволяет вести управление базой данных, созданной самим врачом,

это самый эффективный инструмент для анализа и отбора информации.

Такой компьютер — прекрасный текстовой процессор, который позволяет редактировать тексты, делать ссылки на фрагменты текста, осуществлять аналитические выкладки в диалоговом режиме.

Подсчитано, что руководящие работники около 80 процентов рабочего времени тратят на подготовку и проведение всевозможных совещаний, заседаний и других деловых встреч, на подготовку решений к ним путем анализа вариантов. Персональный компьютер позволяет быстро проанализировать большие информационные массивы, определить направления развития и возникающие трудности.

Современные персональные компьютеры позволяют даже «проигрывать» деловые ситуации, задавая ему вопросы типа «Что произойдет, если..?». Имея развитые средства «деловой графики», можно подготовить печатные материалы и слайды для совещаний, воспроизвести все это необходимым тиражом.

Персональный компьютер — прекрасное обучающее средство. Как известно, в изучении медицинских наук пока еще преобладает фактологически-информационный подход. Персональный компьютер в силу присущего ему свойства «мыслить алгоритмически» преподает врачу суть изучаемого явления, без лишних и отвлекающих деталей. Последние надежно лежат у него в памяти и могут быть затребованы оттуда, как только в этом возникнет необходимость. И, наконец, это средство общения врачей между собой. Подключаясь к общебольничной, общегородской или национальной (а в перспективе — к интернациональной) сети ЭВМ, персональные компьютеры помогут врачу оперативно получать от своих коллег точную информацию по всем интересующим его вопросам, связаны ли они с лечением больных, с научными исследованиями или организационными мероприятиями.

В последние годы возникла новая форма общения специалистов — международные и национальные телеконференции. В назначенное время их участники подсоединяют свои персональные компьютеры к телефонной сети или специальному кабелю, после чего начинается обсуждение намеченных вопросов. Каждый участник по своему желанию может принять участие либо в общем обсуждении, либо сосредоточить свое внимание на одном

из своих коллег, более близких ему по духу или области интересов.

Таким образом, компьютер освобождает врача от огромной и удручающей рутины повседневных забот, оставляя за человеком главное, как сказал С. Джобс — «делать то, что он может делать лучше, чем любой из созданных им приборов: концептуально мыслить».

ВГЛЯДЫВАЯСЬ В ЩИТОВИДНУЮ ЖЕЛЕЗУ

Как уже говорилось, радионуклидная визуализация, или получение изображения органов человека с помощью радиоактивных нуклидов, основана на принципе избирательного накопления в органе специально подобранного радиоактивного вещества — радиофармпрепарата. Скапливаясь в органе, этот препарат, испуская гамма-кванты, сигнализирует о своем местопребывании. Эти гамма-кванты и регистрируются гамма-камерой.

Щитовидная железа стала первым органом человеческого тела, с которого началось триумфальное шествие радионуклидной визуализации, или как ее теперь называют, сцинтиграфии.

Выбор щитовидной железы объясняется ее физиологической способностью поглощать йод. Именно радиоактивный йод, как мы уже говорили, был первым искусственным радиоактивным нуклидом.

В конце 40-х — начале 50-х годов были созданы первые, пока еще примитивные аппараты для радионуклидной визуализации. Но и тогда уже, на первых снимках щитовидной железы, хорошо выявлялись все особенности ее строения: форма, размеры, характер контуров, структура, место расположения.

Более того, железа у некоторых больных, судя по изображению, оказывалась неоднородной: в ней явно были видны участки то повышенного, то пониженного накопления радионуклида. Первые из них стали называть «горячими узлами», вторые — «холодными».

Как показали дальнейшие исследования, «горячие узлы» соответствовали зонам повышенной функциональной активности железы, а «холодные узлы» — наоборот, участкам со сниженной функцией. Нередко в таких участках обнаруживались опухоли, кисты, узлы разрастания особой, нефункционирующей соединительной ткани.

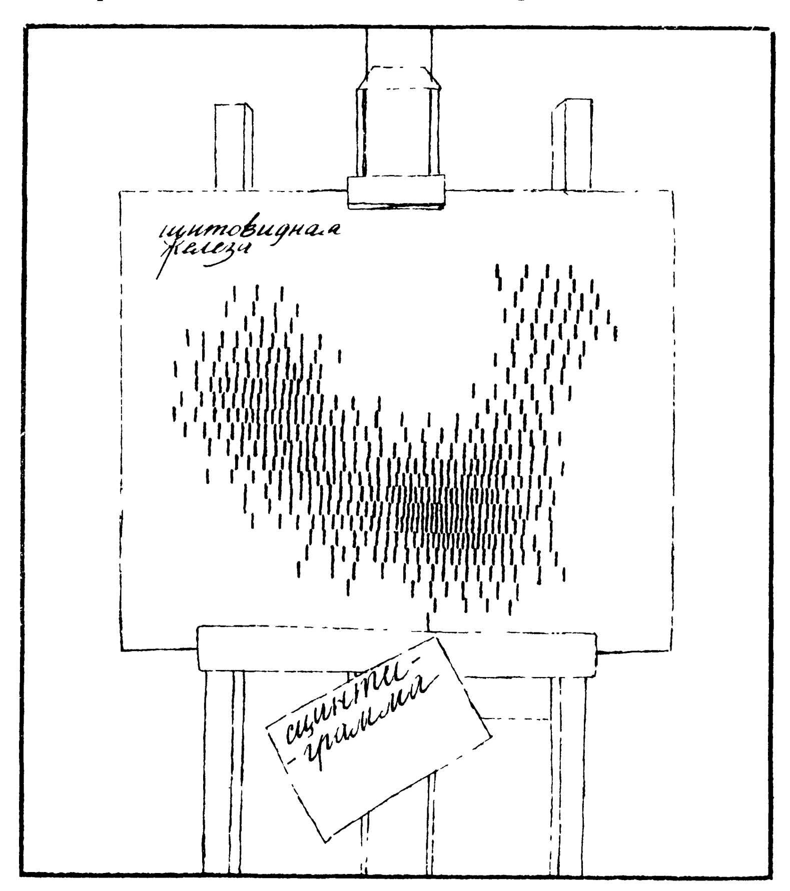
Особое значение визуализация щитовидной железы приобрела в хирургической клинике, когда возникла нуж-

да в оперативном лечении зоба. Вместо чисто субъективного ощупывания щитовидной железы хирурги получили возможность точно судить о размерах железы, количестве находящейся в ней функционально активной ткани.

В настоящее время сцинтиграфию щитовидной железы проводят практически повсеместно, во всяком случае всегда там, где на щитовидной железе оперируют.

Радионуклидная визуализация помогает также установить еще одну разновидность патологии щитовидной железы: у некоторых людей железа располагается не на шее, как обычно, а в других, самых неожиданных местах — например, в грудной клетке и даже в корне языка!

При этом внешний вид железы чрезвычайно напоми-



нает опухоль. Может случиться непоправимая беда, если хирург удалит такую «опухоль». Потеря железы невосполнима. Чтобы этого не случилось, при малейших подозрениях на неопухолевый характер «опухоли» назначают сцинтиграфическое изучение щитовидной железы.

В последние годы на смену йоду-131 пришли другие радионуклиды, которые в несколько тысяч раз меньше облучают пациента при исследовании. Это йод-123 и технеций-99m.

На щитовидной железе был разработан, апробирован и внедрен в клиническую практику очень остроумный прием исследования: тест «подавления» или «стимуляции».

Дело в том, что в железе могут возникать два очень близких по характеру и клиническим проявлениям патологических процесса, которые врачи не в состоянии отличить друг от друга, но которые требуют совершенно различного лечения. Один из них (неавтономная узловая гиперплазия) находится под регулирующим контролем головного мозга, другой (токсическая аденома) функционирует автономно, не подчиняясь головному мозгу. Оба патологических процесса дают на сцинтиграмме одну и ту же картину — «горячий узел».

Теперь чтобы отличить одно заболевание от другого, больному вводится в кровь небольшое количество гормона щитовидной железы. В ответ на такое гормональное воздействие радиоактивный йод начнет вымываться из «горячего узла» неавтономной гиперплазии. На повторном снимке этот узел станет менее «горячим», то есть более бледным. Что же касается токсической аденомы, то никакой реакции со стороны «горячего узла» в ответ на введение гормона не произойдет. Так врачи впервые начали применять специальные функциональные нагрузочные пробы при радионуклидной визуализации.

Велико значение сцинтиграфии в диагностике рака щитовидной железы. Опухолевый узел, если только он расположен глубоко, недоступен ощупыванию врачом. В таких случаях лишь с помощью радионуклидного метода можно выявить и определить место и размер раковой опухоли.

Еще один аспект применения сцинтиграфии — изучение щитовидной железы после ее оперативного лечения. В районах нашей страны, неблагоприятных по заболеваемости щитовидной железы (так называемых эндемических по зобу), живут тысячи прооперированных людей. Не всегда у них все течет гладко. К сожалению, нередко

возникают рецидивы болезни, которые требуют повторного лечения.

Как бы аккуратно ни оперировал хирург, на месте бывшей раны на шее обязательно останутся рубцы. Подчас они столь плотны на ощупь, что разобрать, где находится остаток удаленной железы и каковы его истинные размеры, не в состоянии даже самый искусный специалист.

Радиофармпрепарату не страшны запутанные лабиринты послеоперационных рубцов. Он успешно справится со своей задачей, как бы сложна она ни была, и уж он-то себя обнаружит в оставшейся ткани щитовидной железы. Сцинтиграмма точно покажет и место, где скрыт остаток железы, и количество функционально активной железистой ткани.

ЗОЛОТЫЕ СИГНАЛЫ

Вслед за щитовидной железой возникла нужда в получении изображений других органов. Каким же из них отдать предпочтение? Очередность обусловливалась не столько потребностью врачей, сколько успехами в синтезировании подходящих радиофармпрепаратов.

В 1951 году американские исследователи во главе с Ц. Шеппардом обнаружили, что недавно синтезированное радиоактивное коллоидное золото способно избирательно накапливаться в печени и долго в ней удерживаться, сигнализируя о своем местопребывании гамма-излучением.

Этой идеей не преминули воспользоваться другие американские ученые. В 1954 году появилась первая публикация о радионуклидной визуализации (получение изображения) печени. При этом на картинках печени, выполненных у раковых больных, очень часто, в 87 процентах случаев, обнаруживались зоны, которые не содержали радиоактивного коллоида. Как оказалось в дальнейшем, эти зоны — их стали называть «холодными узлами» — соответствовали метастазам.

Публикация американских авторов произвела в научном мире фурор. Еще бы! Значит, есть возможность диагностировать грозное осложнение раковой опухоли. Выявление подобных осложнений в корне меняло тактику лечения такого рода больных.

Новый метод привлекал и простотой, необременительностью для больного. Требовалось всего лишь ввести в

вену небольшое количество радиоактивного вещества и через 20—30 минут сделать снимок.

Последующие исследования, однако, показали, что точность метода, которую определили его пионеры, оказалась несколько завышенной. Тем не менее радионуклидная визуализация печени с того времени начала применяться весьма широко, и диапазон ее использования в клинической практике постоянно растет. Правда, вместо коллоидного золота теперь, как правило, используют другие радиоактивные вещества, тоже коллоиды, но меченные не золотом, как прежде, а технецием или индием. Эти нуклиды более удобны для регистрации излучения на гамма-камере, да и облучение больных при их применении стало намного меньше.

Основная область сцинтиграфии (получение изображения органов с помощью радионуклидов на гамма-камере) печени в клинической практике — онкология. Раковые опухоли, особенно пищеварительного тракта — желудка, кишечника — нередко дают отсевы, или метастазы. Наиболее часто они возникают в печени. Опухоли других локализаций, особенно в запущенных случаях заболеваний, также могут давать метастазы в печень. Выявить при радионуклидной сцинтиграфии метастазы в печени — значит определить не только тактику лечения, но прогноз болезни, судьбу больного.

Другое объемное поражение, которое нередко встречается в печени и может быть выявлено при радионуклидном исследовании, — эхинококковые кисты. Эхинококкоз — он был известен еще Гиппократу и другим античным врачам — своеобразное паразитарное заболевание человека и животных. У эхинококка — два хозяина: основной и промежуточный. В качестве основного выступают собаки и некоторые дикие животные — волки, шакалы, лисицы. Промежуточными хозяевами эхинококка служат человек и домашние копытные животные: лошади, коровы, овцы, свиньи.

В организме основного хозяина эхинококк имеет форму длинной ленты. У человека же эхинококк имеет форму пузыря или кисты. Чаще всего, приблизительно в 80 процентах случаев, эхинококковые кисты у человека развиваются в печени, но могут иногда встречаться и в других органах: легких, костях, головном мозге, почках.

Распространенность эхинококка в мире неодинакова. Есть территории (Австралия, Аргентина, Монгольская Народная Республика, в нашей стране — Поволжье, Се-

верный Кавказ, некоторые районы Средней Азии), где эхинококк встречается особенно часто. Это вызвано рядом причин, в первую очередь распространенностью в данной местности животноводства, особенно овцеводства и связанного с ним пастушеского собаководства. Понятно, что жители сельской местности болеют эхинококком чаще, чем горожане.

Выявить эхинококковые кисты в печени человека — важная клиническая задача, ибо от правильного ее решения зависят метод и объем хирургического лечения. Радионуклидная визуализация позволяет сделать это быстро и безболезненно.

Раком и эхинококком далеко не исчерпывается сфера применения радионуклидной визуализации. Она пригодна для других патологических процессов, также сопровождающихся нарушением формы, размеров и контуров органа, появлением в нем участков «горячих» (то есть накапливающих радиоактивные вещества в повышенном количестве) или «холодных» очагов.

Среди таких процессов чаще всего встречаются гепатит (воспаление печени) и цирроз — своеобразное перерождение печеночной ткани. Оно наступает иногда после воспаления и всегда — в результате хронического алкоголизма.

Применение компьютеров значительно расширило диагностические возможности радионуклидной визуализации. На смену субъективным приблизительным оценкам формы, размеров и структуры органа пришли точные методы обработки изображения на вычислительных машинах.

Это осуществляется следующим образом. Информация, накопленная в памяти компьютера, вызывается на экран дисплея. Врач вначале дает свою оценку изображения (и она, естественно, субъективна), затем по команде с пульта управления производится количественное определение радиоактивного вещества, накопленного в каждом отдельном элементарном объеме печени (а это уже информация объективная!).

Печень может быть изображена в виде изосчетных кривых. При этом места с одинаковым накоплением радиофармпрепарата объединяются в замкнутые концентрические линии. Картина в целом напоминает хорошо известные всем изотермы или изобары, публикуемые в газетах метеослужбой страны. Любое, даже малейшее нарушение нормального распределения радиофармпрепара-

та приведет к искривлению линий, их перекресту или вообще хаотическому расположению.

Метод радионуклидной визуализации печени постоянно совершенствовался. Шагом вперед явилось введение в клиническую практику уже упоминавшейся ранее эмиссионной томографии, которая позволяет даже без дополнительной компьютерной обработки изображения выявить мельчайшие, размером всего до нескольких миллиметров, участки аномального распределения радиофармпрепарата.

Почему мы так много внимания уделяем печени? Да прежде всего потому, что роль ее исключительна. Простой перечень всего того, что она призвана выполнять, занял бы несколько страниц убористого текста. Назовем здесь лишь главные ее функции: печень поддерживает постоянство внутренней среды нашего организма, активно участвует во многих обменных процессах, в ней вырабатывается значительная часть лимфы — внутренней жидкости организма, печень — место синтеза многих витаминов, в ней образуются основные белки крови, жиры. Тесно связана деятельность печени с обменом микроэлементов.

Печень — защитный барьер в нашем организме, она обеспечивает его защиту от повреждающего действия окружающей среды. Многие ядовитые вещества, алкоголь, токсические продукты жизнедеятельности микробов, попадая с током крови в печень, обезвреживаются именно в ней. Именно здесь вырабатываются лимфоцитами защитные антитела против ряда инфекций и токсических веществ.

Печень, кроме того, — важнейшее депо организма. В ней накапливаются и сохраняются впрок углеводы, жиры, минеральные вещества, гормоны, витамины, вода. В ней депонируется, например, 96 процентов витамина А — важнейшего стимулятора роста организма и нормальной работы органа зрения, большая часть витаминов $Д_2$, $Д_3$, К, С, РР, около 15 процентов железа, меди, цинка.

Печень оказывает регулирующее влияние на все другие органы и системы человека. Выделяющаяся из печени желчь обеспечивает эффективное пищеварение. Печень «подстраховывает» селезенку в процессах образования, разрушения и депонирования крови. Печень регулирует выделение почками шлаков из организма, тонус со-

судов, частоту сердечных сокращений, объем циркулирующей крови.

Короче говоря, печень — это орган, который, пока он здоров, мы не замечаем. Но стоит только нарушить стройную систему его функционирования, жизнь человека сразу же отягощается всевозможными недугами.

У печени очень много недругов. Некоторые, например, инфекции, пищевые яды, алкоголь, перекосы в питании, нам известны, и мы по возможности как-то им противостоим. Другие же, не менее опасные и коварные, остаются пока вне поля наших знаний.

Из сказанного ясно, сколь велико значение ядерной медицины, способной дать объективную оценку функции печени. В первую очередь важно выяснить, как живут основные клетки печени — гепатоциты. Именно они ответственны за многостороннюю деятельность печени.

Долгие годы врачи, чтобы определить, как работает печень, вводили в организм человека специальные органические красители — бромсульфалеин, бенгал-роз. После внутривенного введения таких красителей у человека брались пробы крови через определенные промежутки времени: чем меньше краски оставалось в крови, тем, следовательно, лучше функционировала печень.

У этой несложной методики, которая в целом неплохо коррелировала с клиническими данными, однако, был существенный недостаток. Бенгал-роз, как и бромсульфалеин, далеко не безразличны для человека. А для уверенного распознавания заболеваний краски приходилось вводить довольно много — чуть ли не на грани токсического поражения печеночных клеток.

Поэтому длительное время применяли указанные красители в весьма ограниченных масштабах.

В 1957 году группе американских исследователей во главе с X. Фриделем удалось пометить краску бенгал-роз радиоактивным йодом-131. Теперь для определения меченого красителя можно было применить метод радионуклидной индикации. Чувствительность его оказалась столь высокой, что позволила снизить количество вводимого красителя до нескольких микрограмм, что абсолютно безвредно для человека.

Применение меченых радиоактивных красителей значительно упростило процедуру исследования и сделало ее более точной.

После того, как меченая краска введена в вену, на гамма-камере регистрируются изображения печени, а

также сердца, кишечника, почек. Полученные серии изображений обрабатываются на компьютере и представляются врачу в виде кривых, отражающих скорость выведения препарата из организма. Чем выше эта скорость, тем лучше работает печень.

С помощью радиоактивных красителей можно быстро и безболезненно определить самые начальные стадии нарушения функции печеночных клеток. Этот метод способствует и распознаванию желтух.

Желтушное окрашивание кожных покровов и склер у человека может иметь самую разнообразную природу. У новорожденного оно может иметь физиологический, нормальный характер и быстро исчезать. У взрослого желтуха — обычно признак серьезного поражения печени. Это либо воспалительный процесс в печени, либо ее сморщивание вследствие цирроза. В других случаях причина желтухи может лежать вне печени. Это так называемые внепеченочные желтухи, которые возникают при камнях в желчных пузырях, при опухолях в брюшной полости.

Определить характер желтухи — вне или внутрипеченочный — значит доискаться до причины болезни и только после этого назначить правильное лечение.

Описанные выше радионуклидные исследования печени, выполняемые как с радиоактивными коллоидами, так и мечеными красителями, хотя и давали богатейшую информацию, тем не менее не отвечали на один очень важный для клиники вопрос: каково состояние желчевыводящих путей (в их состав входит желчный пузырь и желчные протоки), по которым желчь движется из печени в кишечник.

А с ними очень часто дело обстоит неблагополучно. Выявить нарушения в оттоке желчи — значит найти разгадку многих болезненных процессов в организме.

Долгое время не удавалось получить радиоактивное вещество, которое бы в избытке концентрировалось в желчных путях. И только в середине 70-х годов был синтезирован новый препарат сложного органического состава, который получил сокращенное название ХИДА.

Позже были получены другие препараты со сходными свойствами. Все они метятся технецием-99m.

Заболевание желчного пузыря весьма распространенный вид патологии. Этим болеет каждая пятая женщина и каждый десятый мужчина. Заболевание выражается в воспалении пузыря (холецистит) или отложении кам-

ней (холелитиаза). Эти два состояния обычно соседствуют, одно из них может вызвать другое и наоборот.

В развитии заболевания желчного пузыря имеют значение не только пол, но многие другие факторы: возраст, телосложение, характер питания. В англосаксонской литературе упоминается о принципах «5 F», вызывающих камни и воспаление желчного пузыря: «Female over Forty» (женщина старше 40 лет), «Fat» (тучная), «Flatulent» (страдающая газами) и «Fertile» (плодовитая). Сочетание этих факторов, как правило, приводит к поражению желчного пузыря.

Беседа с больным, клиническое обследование помогают правильно поставить диагноз заболевания. Однако определить характер поражения, точно установить наличие камней в пузыре, оценить функциональные возможности желчевыделительной системы можно только с помощью инструментальных методов, к которым и относится радионуклидная визуализация.

Радионуклидный метод визуализации желчевыделительной системы — пузыря и протоков — довольно прост. Больному вводится в вену небольшое количество препарата ХИДА. Сразу же, немедленно вслед за инъекцией, начинают серийную съемку области живота на гамма-камере. Все изображения — их обычно выполняют 30—40 ежеминутно — записываются в память компьютера.

Затем через 30—40 минут больному дают выпить два яйца. В ответ на такой пищевой раздражитель у здорового человека немедленно начинается сокращение желчного пузыря. Радиофармпрепарат по желчевыводящим путям поступает в кишечник. Все эти этапы подробно документируются на дальнейшей серии снимков. Задав программу компьютеру, можно получить точное числовое выражение функционально-морфологической характеристики желчного пузыря и желчных путей. На основании этих данных выявить нарушение функций пузыря, которое всегда сопровождается его воспалением или отложением камней.

Еще один аспект применения рассматриваемого метода, который, несомненно, может коснуться многих людей, — исследование больных после операции удаления желчного пузыря.

Дело в том, что благоприятные результаты таких операций — а их проводится немало, только в нашей стране ежегодно несколько тысяч — иногда, к сожалению,

омрачаются появлением болей, повышением температуры тела, желтухой.

В таких случаях возникает настоятельная необходимость провести тонкий анализ функциональной способности оставшейся после удаления пузыря части желчевыделительной системы. Это может быть сделано достаточно уверенно с помощью радионуклидного исследования.

ЭТА УПРЯМАЯ СЕЛЕЗЕНКА

Конечно, не всегда удавалось так легко напасть на подходящее радиоактивное вещество для сцинтиграфии исследуемого органа, как было с йодом для щитовидной железы и коллоидным золотом для печени. И тогда... вмешивался его «величество случай».

Долго не поддавалась исследованию селезенка. Тщетно подбирали ученые нужный радиофармпрепарат, который бы избирательно поглощался в этом органе и мог стать основой для ее радионуклидной визуализации. Увы! Все опыты — а их выполнены сотни во всех странах мира — оказывались безрезультатными. Селезенка упорно не хотела концентрировать радиоактивные вещества в нужных количествах.

В 1960 году группа американских радиологов во главе с Б. Винкельманом натолкнулась на интересный факт. Ученые исследовали судьбу эритроцитов, взятых у человека с пробой крови. Как себя поведут красные кровяные шарики, если их вновь ввести в кровь человека? Будут ли они жить и функционировать, как обычно, или же пребывание вне кровяного русла окажется для них губительным?

Эти вопросы имели прямое отношение к переливанию крови — важнейшей медицинской проблеме.

Чтобы проследить за судьбой эритроцитов, их метили радиоактивным хромом-51. Такая методика меченых эритроцитов уже применялась для определения объема циркулирующей крови.

И вот однажды, не рассчитав температуру инкубации эритроцитов, когда их метили радиоактивным хромом, ученые чуть перегрели смесь. Внешне эритроциты выглядели как и прежде. Но внутренняя их структура изменилась. Перегрев не прошел даром. Жизненная стойкость эритроцитов была утрачена. При введении такой эритроцитарной массы в кровь человека началась массовая ги-

бель красных кровяных шариков. И происходила она главным образом в селезенке — своеобразном «кладбище» эритроцитов.

Но ведь эритроциты были помечены радиоактивным хромом! На снимках области живота у таких людей обнаруживалось четкое изображение селезенки. Это были сигналы от скопившихся в ней радиоактивных обломков эритроцитов.

Так родилась сцинтиграфия селезенки.

Конечно, теперь эритроциты для исследования не берут у больного. Их получают от специально подобранных доноров на станциях переливания крови. И метят эритроциты не хромом, как прежде, а технецием. Такая метка более прочна, да и облучение пациента при этом ниже.

Сцинтиграфия селезенки применяется в клинике весьма часто. Прежде всего у больных с заболеванием крови. У этих людей селезенка, как правило, увеличена, иногда настолько, что требуется оперативное вмешательство. Бывают в селезенке опухоли, полости различной природы, выявить которые без радионуклидной сцинтиграфии просто невозможно.

ЗА ВЫЧЕТОМ ПЕЧЕНИ

Еще один интересный и поучительный пример нестандартности научного поиска — разработка метода визуализации поджелудочной железы. Ее глубокое расположение и близость с печенью долгое время не позволяли получить отчетливое изображение. Но все же выход был найден. И способствовал этому компьютер.

Поджелудочная железа была и остается одним из наиболее сложных объектов для визуализации. Довольно скромные возможности имеет традиционный рентгенологический метод, общепризнанное «всевидящее око» в медицинской диагностике. Весьма перспективна компьютерная томография, которая, однако, пока применяется не так уж часто. Между тем получать изображение поджелудочной железы в современной клинике чрезвычайно важно. Это объясняется исключительной распространенностью в современном обществе острого и тем более хронического панкреатита. Нередко панкреатит переходит в патологический процесс с образованием кист. Печальную лепту в эту статистику вносит алкоголизм.

Для алкоголика панкреатит и киста поджелудочной железы — такое же естественное явление, как для ку-

рильщика бронхит, для наркомана — измененная психика.

Велика потребность визуализации поджелудочной железы у онкологов. Рак этого органа встречается часто, а распознается в ранних стадиях весьма и весьма редко, не более чем у 5—6 процентов заболевших. Поэтому так скромны пока успехи хирургического лечения этого заболевания.

И становится ясно, почему поджелудочная железа давно стала предметом особого внимания специалистов по ядерной медицине.

В 1961 году американские исследователи установили, что метионин (аминокислота, используемая поджелудочной железой при образовании пищеварительных ферментов), помеченный радиоактивным нуклидом селеном-75, избирательно накапливается в поджелудочной железе и, следовательно, может быть использован для ее радионуклидной визуализации.

Первое клиническое использование нового радиофармпрепарата метионина-селена-75, или, как его стали называть еще, селенметионина, осуществили год спустя. Но удалось добиться устойчивой визуализации железы только у $^{2}/_{3}$ обследованных больных.

Вопрос, следовательно, требовал дальнейшего изучения. И суть дела прежде всего в самой топографии поджелудочной железы. Поистине коварное воздействие оказывала близость с печенью. Ведь печень благодаря своему объему не только экранизирует часть поджелудочной железы от датчиков регистрирующих приборов, но и так же, как и поджелудочная железа, поглощает селенметионин. В итоге на сцинтиграммах после введения больному селенметионина получается слитное изображение поджелудочной железы и печени.

Ученые пытались увеличить накопление селенметионина в поджелудочной железе, чтобы сделать ее изображение на сцинтиграммах более четким. Предлагалось, например, путем специальной диеты или предварительного введения специальных фармакологических препаратов активизировать работу поджелудочной железы и тем самым увеличить накопление в ней меченого селенметионина.

Предложили даже вводить больным перед исследованием морфий, который задерживает выделение поджелудочной железой секрета, содержащего меченый селенме-

тионин. Таким образом, концентрация радионуклида в железе повышается.

Однако ни эти, ни другие, не менее оригинальные по замыслу ухищрения, которые хотя и несколько улучшали очертания поджелудочной железы, не решали главной задачи — как отделить на сцинтиграмме ее изображение от печени?

Возникла и такая идея: просто-напросто прикрыть печень во время исследования металлическим листом. Но тогда неизбежно потеряется часть изображения поджелудочной железы!

В конце концов решение было найдено. И опять — выручил компьютер.

Принцип компьютерного вычитания изображения печени из суммарной картины «железа плюс печень» был прост и оригинален. Больному вводили селенметионин и получали суммарное, нерасчлененное изображение печени и железы. Это изображение помещалось в память ЭВМ, естественно, в цифровом виде.

Затем больному вводили радиофармпрепарат, избирательно поглощающийся только печенью, например, коллоид, меченный технецием-99m. Далее получали изображение печени и также отправляли в оперативную память компьютера.

Получать на гамма-камере изображение печени по меченному технецием коллоиду в присутствии уже имеющегося в организме больного радиоактивного селенметионина не представляет трудности. Ведь два нуклида — селен и технеций — имеют различный спектр гамма-излучений, и, следовательно, их может различить гамма-камера.

Итак, в памяти компьютера теперь имелись два изображения: одно — печени и железы, другое — только печени. Оставалось взять из памяти компьютера первое изображение и вычесть из него второе. Результатом таких «компьютерных операций» и становилось изолированное изображение поджелудочной железы.

Этот метод сейчас применяется повсеместно для получения радионуклидного изображения поджелудочной железы. С его помощью можно выявить любой объемный процесс в железе, будь то опухоль или киста. Хронический или острый панкреатит также оставляют свой след на сцинтиграмме. Появилась возможность безболезненно исследовать железу после различных оперативных вмешательств на ней.

В некоторых лечебных учреждениях недавно начали применять еще один способ радионуклидной визуализации поджелудочной железы — ангиосцинтиграфию.

В артериальный сосуд, который питает кровью поджелудочную железу, вводят специальный белок, меченный радиоактивным технецием.

Молекулы белка очень велики и поэтому застревают на некоторое время в мельчайших разветвлениях сосудов поджелудочной железы. Испускаемое меченым белком гамма-излучение улавливается гамма-камерой. В результате получается сцинтиграмма поджелудочной железы.

Изображение железы при ангиосцинтиграфии лучше, чем при использовании селенметионина, даже если последний применяется в совокупности с коллоидом.

Однако ангиосцинтиграфия — весьма сложная процедура. Для ее выполнения необходимо ввести в сосуд, питающий поджелудочную железу, специальный катетер. Сделать это можно в особом рентгенооперационном блоке. Вот почему ангиосцинтиграфия применяется только в специализированных крупных лечебных учреждениях.

ОШИБКИ РЕНТГЕНОЛОГОВ

Общеизвестно, что рентгенологическое исследование желудка проводится со специальным порошком, предложенным еще в 1910 году, — сульфатом бария. Перед исследованием порошок предварительно смешивают с водой. Принятая внутрь взвесь сульфата бария задерживает рентгеновские лучи, что обусловливает контрастное изображение пищевода, желудка, кишечника. Таким образом изучается строение органов, выявляются патологические изменения в них.

До поры до времени рентгенологический метод был единственным оружием врача. И честно выполнял свою миссию: выявлял структурные изменения желудочной стенки — язву, рак, доброкачественные опухоли, позволял следить, как проходит пища по пищеварительному каналу. Эти сведения чрезвычайно важны для диагностики многих заболеваний.

Было отмечено, что некоторые поражения желудка, например, язва или рак, могут вызвать значительные функциональные нарушения — задержку прохождения пищи или, наоборот, ее ускоренную динамику.

На основании рентгенологических и клинических данных обследования большого числа пациентов было выде-

лено даже новое заболевание — так называемое функциональное поражение пищеварительного канала. Одно из них, например, дуоденостаз — функциональная задержка пищи в двенадцатиперстной кишке — в некоторых случаях требует даже операции. Много неприятных ощущений приносит и другое чисто функциональное заболевание — гипотония желудка.

Немалую проблему в медицине представляет судьба оперированных на желудке больных.

Правда, ученые давно уже работают над совершенствованием техники хирургической операции на желудке. За более чем вековую историю развития желудочной хирургии (первая успешная резекция желудка была выполнена немецким хирургом Т. Бильротом 29 января 1881 года и в этом же году 16 июня повторена русским хирургом М. Китаевским) были разработаны десятки модификаций операций на желудке.

И тем не менее количество послеоперационных осложнений продолжает оставаться достаточно высоким. В первую очередь речь идет о нарушении функции желудка. Ведь удаляя его часть или весь желудок, хирург тем самым убирает важный резервуар для пищи, который не только участвует в пищеварении, что само собою понятно, но также осуществляет ритмичное, строго предопределенное перемешивание и перемещение пищевых масс.

Медикам знаком термин — «болезнь оперированного желудка», — своеобразное болезненное состояние, связанное с нарушением естественного пищевого пути. Еще есть один термин — демпингсиндром (от английского dumping — сбрасывание; синдром — совокупность болезненных признаков). Он обозначает патологическое состояние людей после операции на желудке, когда при приеме сладкой или молочной пищи внезапно возникает слабость, тошнота, головокружение. Причина этого — быстрое поступление пищи из культи желудка в тонкую кишку. Встречаются и другие, не менее тягостные болезни оперированного желудка.

Ясно, что эффективные методы изучения функции желудка, особенно в послеоперационный период крайне необходимы. А если учесть массовый характер желудочных операций — в СССР, например, только по поводу язвенной болезни делают около 60 тысяч операций ежегодно — нужны методы простые, доступные для широкого круга лечебных учреждений и обязательно дешевые.

Таким методом долгие годы служило рентгенологиче-

ское исследование. Больной выпивал небольшую порцию бариевой взвеси, а врач за рентгеновским экраном наблюдал, как это рентгеноконтрастное вещество перемещалось по желудку и кишечнику. Подобным методом обследуются ежегодно сотни тысяч человек.

Однако в последнее время заметили, что рентгенологические данные и клинические признаки заболевания не всегда совпадают. В чем дело? Оказывается — в контрастирующем веществе, сульфате бария. Ведь этот порошок — как бы инородное тело для желудка. И ведет он себя в пищеварительном органе отнюдь не так, как естественная пища.

Может быть, подумали медики, подмешать барий к естественным пищевым продуктам и таким образом исследовать больных? Попробовали. Но результат получился плохой: слишком некачественным оказалось изображение желудка на рентгенограммах.

Еще один вопрос, который требовал ответа — как охарактеризовать точно в числовом выражении эвакуацию из желудка рентгеноконтрастного вещества? Такие попытки были. Делалась серия снимков, например, каждые 15 минут после приема стандартного количества рентгеноконтрастного вещества. А затем на планиметре определялась площадь желудка, после чего строился график уменьшения его размера во времени. На основании полученных данных делался вывод о скорости опорожнения желудка.

Но и на этом пути врачей поджидала большая ошибка в исследовании. Ведь площадь изображения желудка, измеренная на рентгенограмме, и его истинный объем — далеко не однозначные вещи.

Итак, до последнего времени существовал весьма важный медицинский и, будем говорить прямо, социальный заказ на простой и доступный метод изучения функции желудка.

Выход из создавшейся тупиковой ситуации был найден в середине 70-х годов, когда появились компьютерные системы обработки радионуклидных данных. В нашей стране эти исследования были выполнены профессором Г. Зубовским.

Суть метода такова. Больной натощак принимает стандартный завтрак, содержащий физиологически корректные продукты, например, 200 граммов манной каши или такое же количество сметаны. В пищу подмешан радиофармпрепарат, не проникающий через желудочную

стенку или проникающий через нее в очень небольшом количестве. Таким препаратом может быть, например, меченный технецием радиоактивный коллоид.

Затем на гамма-камере при вертикальном положении больного — естественном положении человека, ведущего нормальный образ жизни — делается серия сцинтиграмм. Изображение желудка записывается в память компьютера. Аналогичную съемку желудка повторяют неоднократно, каждые 15 минут, пока он полностью не освободится от пищи.

После окончания съемки по заложенной в памяти компьютера программе проводится обработка всех изображений желудка, их оцифровка и определение общего спада радиоактивности. Полученные итоговые данные точно характеризуют функционально-моторную активность пищеварительного тракта.

Такой метод радионуклидного изучения желудка выгодно отличается от рентгенологического. С помощью радионуклидов были получены уникальные данные о работе желудка в норме и патологии, выявлены осложнения оперативных вмешательств на желудке на самых ранних стадиях развития.

О КОСНОСТИ КОСТЕЙ

Косностью нарекают все то, что застыло в своем развитии, прекратило движение вперед, стало тормозом на пути к прогрессу. В происхождении этого слова усматривают связь с «костью».

Действительно, кость издавна было принято считать предметом застывшим, стабильным. Крупнейший немецкий ученый Р. Вихров (1821—1902 гг.) называл кость «неизменной субстанцией», «конечным продуктом» развития человеческого организма.

Исследования, однако, показали, что кость, как и другие органы нашего тела, постоянно живет и развивается. В ней происходит интенсивный обмен веществ. Она чутко и быстро реагирует на изменившиеся условия внешней среды, на воздействие внешних факторов.

Хорошо известно, что основное назначение кости — быть опорой нашего тела. Она действительно одна из самых прочных тканей нашего организма. Она содержит 35 процентов органического вещества, за счет которого растет, развивается и формируется кость, 20 процентов

воды и 45 процентов минеральных веществ, в основном фосфорнокислых солей кальция.

Кальций вообще важен для жизнедеятельности нашего организма, особенно для работы мышц. Из всего количества кальция, находящегося в нашем теле, 99 процентов приходится на костную ткань. Кость, таким образом, — это хранилище, или, как метко назвал ее великий русский физиолог И. Павлов, «магазин нашего тела», из которого по мере необходимости, в различных жизненных ситуациях — при заболеваниях, нарушениях питания, травмах — наш организм черпает этот важный элемент.

Происходит, как говорят медики, деминерализация скелета. Это имеет место также и тогда, когда больного лечат некоторыми лекарствами, например, гормонами. Деминерализация — неизбежный спутник старения человека. Если деминерализация скелета превысит некий критический уровень, может нарушиться опорная функция кости. Она размягчается и искривляется, возникает даже опасность перелома. Так что определить уровень минерализации скелета крайне важно.

В течение многих поколений врачи судили о нарушенной минерализации кости лишь косвенно и с трагическим запозданием, наблюдая конечную стадию процесса, когда у человека искривлялись конечности или все тело, либо происходили переломы.

Естественно, проку от такого запоздалого диагноза было мало. Упущенное время сводило на нет попытки восстановить нарушенный минеральный состав кости.

Новые возможности перед наукой и практикой открылись с изобретением рентгеновских лучей. Кость в силу своих анатомических особенностей, в частности, способности ее минералов хорошо поглощать рентгеновские лучи, стала идеальным объектом для рентгеновского исследования.

На рентгенограммах прекрасно отображались все мельчайшие детали строения кости. Однако мягкие компоненты скелета — костный мозг, питающие сосуды, связки, сухожилия, хрящи, то есть все те ткани, которые не содержали солей кальция — были прозрачны для рентгеновских лучей и, следовательно, не находили отображения на рентгенограммах.

И тем не менее рентгенологический метод стал ведущим в распознавании заболеваний скелета.

Он позволил уверенно диагностировать деминерали-

зацию скелета: такая кость выглядела на рентгенограммах более прозрачной, светлой. Простота и доступность рентгенологического метода, казалось, закрывала проблему своевременного распознавания деминерализации.

Однако шли годы. Медицинская наука развивалась, требования к точности диагностики возрастали. И вот наступил момент, когда врачи убедились, что диагностика остеопороза (разрежения костной ткани) на основании рентгенологического исследования скелета не такая уж точная, как предполагалось вначале. Более того, она запоздалая. Экспериментально было установлено, что даже самые опытные рентгенологи могли диагностировать остеопороз, исходя из повышения прозрачности кости на рентгенограммах, только в тех случаях, когда костная ткань потеряла до 30 процентов, то есть почти треть своих минералов!

Но ведь если вдуматься, то это означает, что при рентгенологическом методе исследования скелета врач пропускал весь начальный и, стало быть, наиболее важный этап деминерализации кости. Этап, на котором можно было бы своевременно назначить столь необходимое в данном случае лечение.

Но виноватым оказался, как уже нередко случалось в медицине, да и не только в медицине, не сам метод, а способы его оценки. Причина неудачи крылась в несовершенстве нашего глаза, его способности оценивать яркость или освещенность объектов. Впрочем, это свойство нашего глаза нельзя безоговорочно считать несовершенным. Возможно, что это полезная приспособительная, закрепленная тысячелетней эволюцией человека форма работы нашего зрительного анализатора.

Еще в прошлом веке немецкие ученые Г. Фехнер и Э. Вебер серией психофизиологических экспериментов установили, что человек воспринимает освещенность предмета пропорционально логарифму его яркости.

Понять этот психологический закон работы зрительного анализатора, который впоследствии получил название закона Фехнера — Вебера можно на простом примере: если увеличить яркость свечения какого-либо объекта, например, электрической лампочки в 10 раз, то глаз воспримет изменение ее светимости всего в 2 раза, если яркость лампочки возрастет в 100 раз, то ощущение увеличится в 3 раза, в 1000 раз — в 4 раза и т. д.

Другими словами, наш зрительный анализатор обладает свойством как бы сжимать поток световой инфор-

мации, делать его более компактным. Это свойство нашего глаза, собственно говоря, и ставит предел диагностическим возможностям врача-рентгенолога определять минерализацию скелета по изменению прозрачности кости на рентгенограмме. Проще говоря, ситуация такова: кость теряет кальций, становится прозрачной, а мы этот перепад прозрачности просто-напросто не воспринимаем.

Но вот на помощь рентгенологам пришла техника. В конце 50-х годов был разработан новый рентгенологический метод определения минерализации скелета, который получил название денситометрии — точного измерения плотности почернения рентгенограммы.

Суть метода такова. На одну и ту же рентгеновскую пленку одновременно снимают сразу два объекта: часть тела человека, например, руку или ногу, в которых хотят определить минерализацию, и специальный ступенчатый клин — эталон, изготовленный из плотной костной ткани. Высота каждой ступеньки клина и количество находящегося в нем кальция заранее определены и хорошо известны рентгенологу.

Далее на рентгенограмме выбирается интересующий участок скелета и специальным электронным прибором — денситометром — точно определяется плотность почернения рентгеновской пленки в этой точке. Затем этим же прибором на изображении клина отыскивается ступенька, которая по плотности почернения совпадает с исследуемым участком скелета. Поскольку минеральный состав каждой ступеньки клина-эталона известен, можно рассчитать концентрацию кальция в кости.

Точность нового метода намного превысила прежнюю субъективную оценку минерализации по прозрачности рентгенограммы. Ошибки в измерениях составили всего 4—5 процентов.

Первые же данные, полученные денситометрическим методом, принесли неожиданные результаты. Один из них был весьма обескураживающим. Оказалось, что у человека старческая деминерализация наступает не в зрелом возрасте, как было принято считать, а гораздо раньше, уже с 30—35 лет. Это был новый рубеж, начиная с которого кость эволюционирует, притом, увы, необратимо, в старость. Обнаружился и такой факт: прием больным даже нескольких таблеток гормональных препаратов, например кортизона, немедленно влечет за собой развитие начальных проявлений остеопороза. Следовательно, сделали вывод врачи, параллельно с лечением

такими лекарствами необходимо постоянно коррегировать минеральный баланс человека.

Прошло некоторое время, и достигнутая точность рентгенологического измерения минерального состава скелета опять перестала удовлетворять медиков. Новые, более сложные задачи лечения заболеваний требовали новых критериев диагностики.

Совершенствование техники денситометрии, улучшение качества рентгеновской съемки, увы, ощутимых сдвигов точности измерения не давало. К пределу своих возможностей подошел сам принцип рентгенологического метода исследования. И тут «вина» была уже объективной — неоднородный состав рентгеновского луча, испускаемого рентгеновской трубкой. Непрерывный спектр рентгеновского излучения обусловливал неравномерное его поглощение костной тканью, что и приводило пусть к небольшой, но все же ощутимой погрешности в измерениях.

Требовалось принципиально иное техническое решение. И оно было найдено в 1965 году. В клинике братьев Мейо (США) был разработан новый метод исследования минерализации скелета.

В качестве источника проникающего излучения предлагалось использовать гамма-кванты радиоактивных нуклидов. Их особенностью является весьма однородный состав. Некоторые нуклиды обладают монохроматическим, то есть абсолютно однородным гамма-излучением.

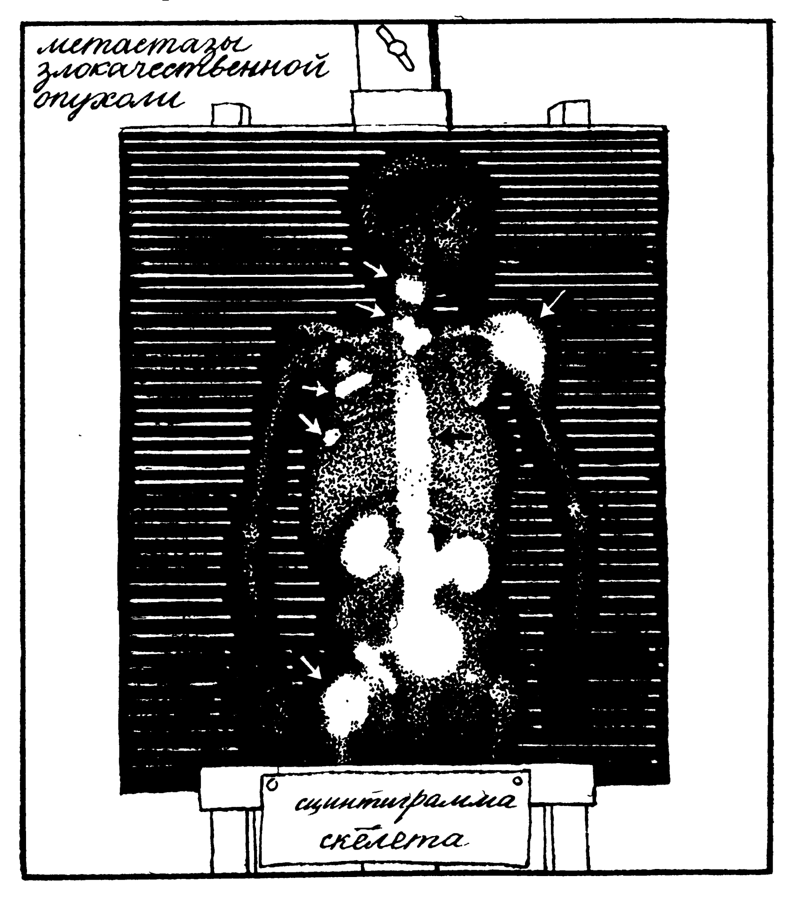
Из всех известных радиоактивных нуклидов самым подходящим по ряду соображений оказался йод-125. Небольшое количество этого нуклида заключают в специальную капсулу, которая с помощью аппарата автоматически перемещается над поверхностью тела человека. С противоположной стороны тела в таком же направлении и с такой же скоростью движется датчик радиоактивных излучений. Он улавливает малейшие изменения потока гамма-квантов, вызванные различным их поглощением в скелете человека, и передает в зашифрованном виде в компьютер. Тот автоматически обрабатывает поступающую информацию и немедленно, прямо в ходе исследования, выдает врачу результаты измерения концентрации кальция в отдельных точках скелета.

Радионуклидный метод определения минерализации скелета повысил точность анализа более чем в 5 раз, доведя ее до 0,5—1 процента. Несомненным преимуществом нового метода стала простота, технологическая доступ-

ность для многих лечебных учреждений. На все исследование затрачивается 2—3 минуты.

Отпала необходимость в громоздком рентгеновском аппарате и весьма сложном и малонадежном в эксплуатации денситометре. На смену им пришел радионуклидный аппарат с микропроцессором, который по размерам не больше портативного телевизора.

Возросшая точность радионуклидного метода открыла новые, весьма заманчивые перспективы в изучении минерализации скелета. Было установлено, например, что количество солей кальция в скелете колеблется от месяца к месяцу, меняется в различные времена года. У женщин, кроме того, уровень кальция в скелете меняется даже внутри месячного цикла.



Американское национальное агентство по аэронавтике и космическим исследованиям (НАСА) проделало опыты в космосе. Оказалось, что у космонавтов уже к концу вторых суток пребывания в состоянии невесомости возникает заметная деминерализация скелета, которая должна быть скорригирована соответствующей диетой.

Короче говоря, выяснилось, что костная ткань — весьма динамичная структура, способная чутко реагировать на малейшие «возмущения» внешней среды или изменения внутреннего состояния организма. Так формировался взгляд на скелет, как подвижную динамическую структуру.

Параллельно шли изыскания радиоактивных веществ, которые могли бы включаться в обменные процессы в костной ткани, раскрывать внутренние механизмы происходящих в ней жизненных процессов. Вполне естественно, что первым радионуклидом, пригодным для этих целей, оказался радиоактивный кальций-47, аналог природного стабильного кальция.

В 1962 году, впервые введя больному со злокачественной опухолью кости кальций-47, обнаружили его повышенное накопление в костной опухоли. Тем самым было положено начало новому направлению в радионуклидной диагностике — распознаванию опухолей скелета.

Вскоре на смену кальцию пришел другой радионуклид — стронций-85. По своим физическим свойствам он был более удобен, чем кальций-47. Однако длительный период полураспада — 64 дня и связанная с этим высокая доза облучения больного — в значительной степени сдерживали его применение. Кроме того, стронций медленно включался в костную ткань. Требовалось несколько дней, чтобы введенный в организм человека радиоактивный стронций накопился в достаточном количестве в костной ткани и стала возможной ее визуализация. Поэтому стронций-85, как и кальций-47, применялись редко.

Принципиальный скачок в развитии радионуклидной визуализации скелета произошел в 1970 году, когда был синтезирован радиофармпрепарат нового класса — фосфатный комплекс, или просто фосфат, меченный технецием-99m. Фосфаты быстро и энергично внедряются в обменные процессы в скелете, а метка их короткоживущим технецием делает эти препараты безопасными и доступными для широкого применения.

В 1972 году на Международном симпозиуме по ядерной медицине впервые было дано развернутое обоснова-

ние применения меченых фосфатов в обследовании больных с заболеваниями скелета.

Главное назначение нового метода радионуклидной визуализации — поиск скрытых метастазов злокачественных опухолей в скелете. Сцинтиграфия с мечеными фосфатами обнаруживает участки поражения кости задолго, иногда за полгода и даже год, до того, как это начинает ощущать сам больной. Естественно, что выявление метастазов в корне меняет тактику лечения таких больных.

Когда стало ясно, что у радионуклидной визуализации скелета большое будущее, за дело взялись инженеры-конструкторы. Были созданы специальные гамма-камеры для исследования всего тела. В этих аппаратах детектор радиоактивных излучений плавно и медленно перемещается над больным, просматривая его с головы до ног. От такого зоркого наблюдателя не утаится ни один измененный участок скелета.

Интересное применение радионуклидной визуализации скелета нашли травматологи. Они установили, что меченый фосфат способен накапливаться в избыточном количестве в местах перелома кости. Этот факт можно использовать в качестве контроля за скоростью заживления травмы костей.

Новый импульс для развития сцинтиграфии скелета дали специалисты по ревматическим болезням. Оказалось, что меченые фосфаты избирательно накапливаются в суставах, пораженных ревматоидным артритом — весьма частом заболевании людей молодого возраста. Примечательно, что количество накопившегося в пораженном суставе радиофармпрепарата находится в прямой зависимости от активности воспалительного процесса. Радионуклидная сцинтиграфия, следовательно, стала критерием оценки тяжести заболевания.

ВЫРУЧАЕТ «ЧУЖОЙ» ГАЗ

Необычно складывалась судьба радионуклидного исследования легких. Долгое время не удавалось создать радиоактивного вещества, которое бы избирательно накапливалось в этом органе. И тогда применили элемент, который вообще ни с чем не соединяется и нигде не концентрируется в организме, инертный газ ксенон. Ксенон был обнаружен как примесь к инертному газу крип-

тону. Отсюда и название газа («ксенон» — по-гречески «чужой»).

В настоящее время известно 9 стабильных, встречающихся в природе изотопов ксенона и 20 радиоактивных, получаемых искусственным путем. Из них наибольшее значение в медицине приобрел радиоактивный газ ксенон-133.

Начиная с 1957 года, после пионерской работы группы врачей, возглавляемой французом Г. Книппингом, этот «чужой» инертный газ получил постоянную прописку в лабораториях радионуклидной диагностики и стал неотъемлемой составной частью при обследовании легочных больных. Введение радиоактивного ксенона в медицинскую практику открыло эпоху детального изучения вентиляции легких у человека.

Как известно, в легких происходит обмен газов между организмом и окружающей средой. Воздух поступает в бронхи, конечные отделы которых состоят из мелких пузырьков — альвеол, омываемых венозной кровью. Через тонкую стенку альвеол атмосферный кислород проникает в кровь, точнее в красные кровяные шарики — эритроциты, которые, как уже говорилось, разносят кислород по всему организму.

При очень многих заболеваниях легких нарушается переход кислорода из альвеол в эритроциты. Организм начинает испытывать кислородную недостаточность, что резко ухудшает жизнедеятельность всех органов.

Радионуклидный метод позволяет быстро и точно определить, какова вентиляция легких. Для этого достаточно дать пациенту, расположенному в поле зрения гамма-камеры, подышать воздухом, который содержит радиоактивный газ ксенон-133. При выполнении больным дыхательных проб (максимальный вдох и выдох, задержка дыхания) меняется количество находящегося в легких радиоактивного ксенона. Это сразу же улавливает гамма-камера, анализирует компьютер, и врач получает цифровые показатели дыхательной функции человека.

Изучение легочной вентиляции с помощью радиоактивного ксенона позволило врачам диагностировать и подробно изучать такие распространенные заболевания, как бронхит, бронхиальная астма, эмфизема легких. Оказалось, например, что при бронхиальной астме задолго до возникновения приступа удушья появляются признаки нарушения легочной вентиляции.

Радионуклидное исследование оказалось весьма по-

лезным при другом распространенном заболевании бронхов — бронхите. Радионуклидное исследование легочной вентиляции позволило установить одну из наиболее частых причин бронхита — сужение калибра мелких бронхиальных веточек и вовремя назначать лечение. А по данным советского ученого И. Богатырева, бронхитом болеют в СССР 8,6 процента населения, то есть каждый двенадцатый житель нашей страны.

ОБХОДНОЙ МАНЕВР

Пока у нас речь шла о диагностике функциональных нарушений легких с помощью ксенона. Собственно, радионуклидной визуализации, то есть получения изображения легких, мы не касались. Это предмет особого разговора.

Радиологам долгое время не удавалось получить радиофармпрепарат, который мог бы фиксироваться в легких на относительно продолжительное время. Выход был найден только в 1962 году, когда американский ученый Г. Таплин со своими сотрудниками, применив обходной маневр, нашел оригинальный способ внедрить в легочную ткань радионуклид.

Как известно, кровь человека, собранная из внутренних органов и мышц, поступает в правые отделы сердца, сначала предсердие, а затем в желудочек. Это венозное колено большого круга кровообращения.

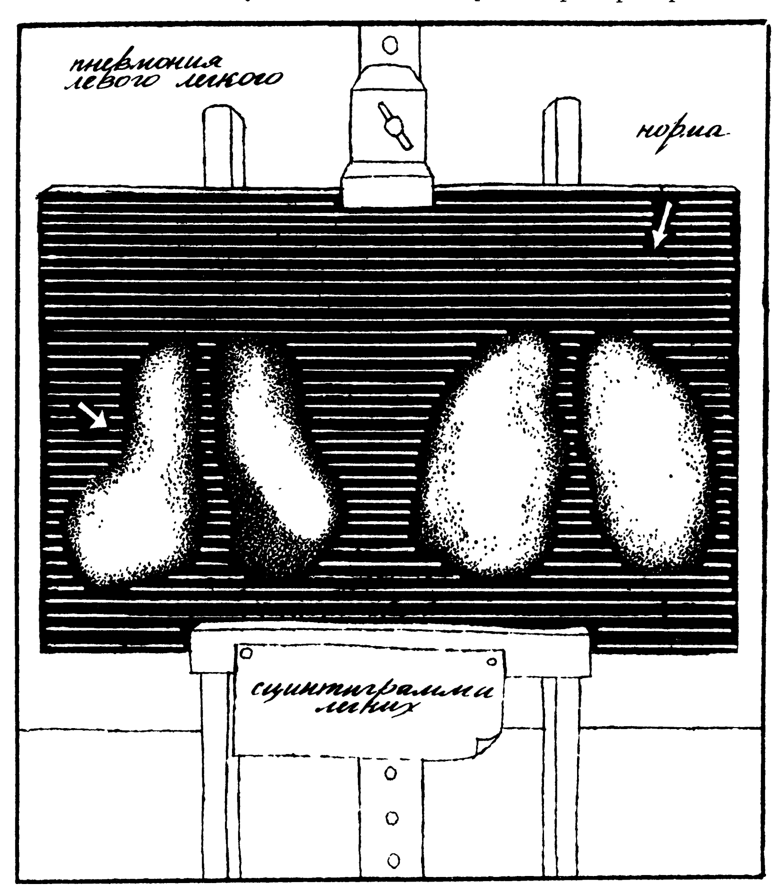
Дальше начинается малый круг кровообращения, целиком находящийся в легких. Из правого желудочка кровь через систему легочной артерии устремляется на периферию легочной ткани. Легочные сосуды, постепенно суживаясь, превращаются в конце концов в тончайшие трубочки, или капилляры, которые омывают упомянутые выше воздушные пузырьки-альвеолы.

Идея Г. Таплина сводилась к следующему. Если взять плазму крови, то есть жидкую часть ее, которая остается, если из крови удалить кровяные шарики, и нагреть ее до определенной температуры, точнее до 70 градусов Цельсия, произойдет денатурация белка, его свертывание. Образуются крупные агрегаты белковых молекул, размер которых в несколько сотен и даже тысяч раз превысит размеры нормальных молекул белка. Такой раствор макроагрегатов белка альбумина получил сокращенное название МАА. Пометив МАА радиоактивным нуклидом, например, йодом-131 или лучше технеци-

ем-99m, получим новый радиоактивный препарат с очень интересным свойством.

Введенные в вену человека меченые МАА попадают с током крови в легкие и, дойдя до мельчайших разветвлений сосудов-капилляров, застревают в них. Поскольку природа обошлась с нашими легкими весьма щедро — капилляров в них заложено куда больше, чем это необходимо для нормального функционирования, человек не ощущает закупорки части сосудов молекулами МАА. А поскольку эти молекулы радиоактивны, можно с помощью гамма-камеры проследить их местоположение, то есть получить радионуклидное изображение легких.

Радионуклидная визуализация легких с помощью меченых МАА получила весьма широкое распространение



в клинике, особенно при обследовании больных с хроническими и острыми воспалительными заболеваниями легких, туберкулезом, раком, многими врожденными уродствами легких. Но особенно эффективна эта методика при легочных болезнях, которые связаны с уменьшением легочного кровотока.

Одним из таких заболеваний является тромбоэмболия, или закупорка легочной артерии. Это очень опасное, в большинстве случаев смертельное болезненное состояние, которое возникает иногда после хирургических операций, а то и без всякого видимого повода.

Единственная возможность помочь такому больному — использовать лекарства, растворяющие закупоривший сосуд сгусток крови — тромб. Такой препарат уже создан. Его назвали стрептокиназа. Однако введение стрептокиназы в вену, даже в большом количестве, обычно малоэффективно. Чтобы растворить тромб, закупоривший легочный сосуд, необходимо ввести стрептокиназу непосредственно в сам закупоренный сосуд. Но ведь легочных сосудов масса. Как узнать, какой из них поражен?

Вот здесь-то и выручает радионуклидная визуализация легких. Радиоактивный препарат МАА не проникнет в участок легкого с нарушенным кровотоком, и это четко регистрирует гамма-камера.

В середине 70-х годов группа радиологов из ФРГ во главе с Г. Метчером предложила оригинальный метод радионуклидной диагностики раковых опухолей легких. Авторы взяли за основу радиоактивный препарат блеомицин, меченный кобальтом-57.

Этот радиоактивный антибиотик неплохо адсорбировался опухолями лимфатических узлов и с успехом применялся для их визуализации. Что же касается опухолей легких, то в них препарат накапливался плохо, хотя и чуть лучше, чем в окружающей легочной ткани. Сцинтиграммы получались неотчетливыми и успехом у радиологов не пользовались.

Чтобы исправить положение, авторы применили субтракцию, то есть вычитание изображений. О нем мы уже упоминали, когда речь шла о визуализации поджелудочной железы.

Итак, для получения отчетливого и контрастного изображения опухоли легкого на сцинтиграмме больному сначала вводят меченый МАА. Таким образом получают общее изображение легких. Это так называемая маска. Затем больному вводят радиоактивный блеомицин, и по-

лучают второе изображение -- опухоли и окружающей легочной ткани. После этого врач вызывает из памяти компьютера на дисплей второе изображение и вычитает из него первое. Итоговая картина дает четкое изображение опухоли легкого.

ПОЧКИ И ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА

Заболевания почек — одни из самых распространенных на Земле. По последним статистическим сведениям, воспалением почек — пиелонефритом — болеет каждый десятый, а по некоторым данным каждый пятый (!) житель планеты. Около 5 процентов населения развитых стран имеет повышенное артериальное давление, которое либо рано или поздно приводит к поражению почек, либо само является следствием почечного заболевания. В детской практике очень часто встречаются врожденные уродства почек и связанные с ними нарушения функций и воспалительные процессы. В акушерской практике у каждой десятой женщины беременность осложняется поражением почек.

Таким образом, ясно, что многие из нас — потенциальные пациенты лаборатории радионуклидной диагностики.

История развития радионуклидной визуализации почек тесно переплетается с историей рентгенологического метода исследования этого органа.

Поначалу для радионуклидной визуализации почек метили препараты, которые применяются для контрастного рентгенологического исследования мочевыводящих путей: диодон, диодраст. Эти вещества содержат в своей молекуле тяжелый элемент йод. Кроме того, они быстро и избирательно выводятся почками. В этом, собственно, и состоит сущность рентгенологического исследования почек — урография.

Пациенту быстро вводят в вену несколько миллилитров этих или других, более современных препаратов. Поскольку йод задерживает рентгеновские лучи, при выделении йодсодержащих препаратов почками получается контрастное изображение мочевыводящих путей.

Путем химических преобразований в молекулу йодсодержащих рентгеноконтрастных веществ ввели вместо стабильного йода радиоактивный йод-131 и получили радиофармпрепарат, пригодный для радионуклидной визуализации почек.

Однако первые опыты, связанные с меткой диодона и диодраста, оказались не вполне удачными. Радиоактивный атом йода плохо удерживался в сложных молекулах препаратов.

В 1960 году американским исследователям во главе с Т. Гейни удалось пометить радиоактивным йодом рентгеноконтрастный препарат гиппуран, который был (для рентгенологических целей) синтезирован еще в 1933 году. Но ввиду высокой токсичности вскоре был оставлен и забыт. Поскольку для радионуклидных исследований применяется очень небольшое количество препарата — порядка одного-двух миллилитров, вопрос о токсичности гиппурана сразу же отпал. Зато метка его радиоактивным йодом оказалась исключительно прочной, да и сам препарат обнаружил очень выгодные свойства: в течение нескольких минут выводился из организма через мочевые пути.

Это вещество и сейчас, спустя четверть века, является главным радиофармпрепаратом, используемым при радионуклидном обследовании урологических больных. Правда, вместо йода-131 его иногда метят йодом-125. Он обладает более мягким гамма-излучением и вследствие этого чаще применяется в детской практике.

В последнее время на смену гиппурану постепенно приходят другие вещества. Это сложные органические соединения, с очень длинными и трудно запоминающимися названиями, например, димеркаптосукциновая кислота, и т. п. Поэтому чаще их называют сокращенно: ДТПА, ДМСА и т. п. Их отличительная особенность — метка короткоживущими радионуклидами технеция-99m и индия-113m. Она очень прочна и, кроме того, не вызывает практически никакого облучения пациентов.

Однако это не принципиально, ибо и при радионуклидном исследовании больных с традиционным гиппураном, меченным йодом-131, облучение больного в тысячу раз меньше, чем при рентгенологическом исследовании.

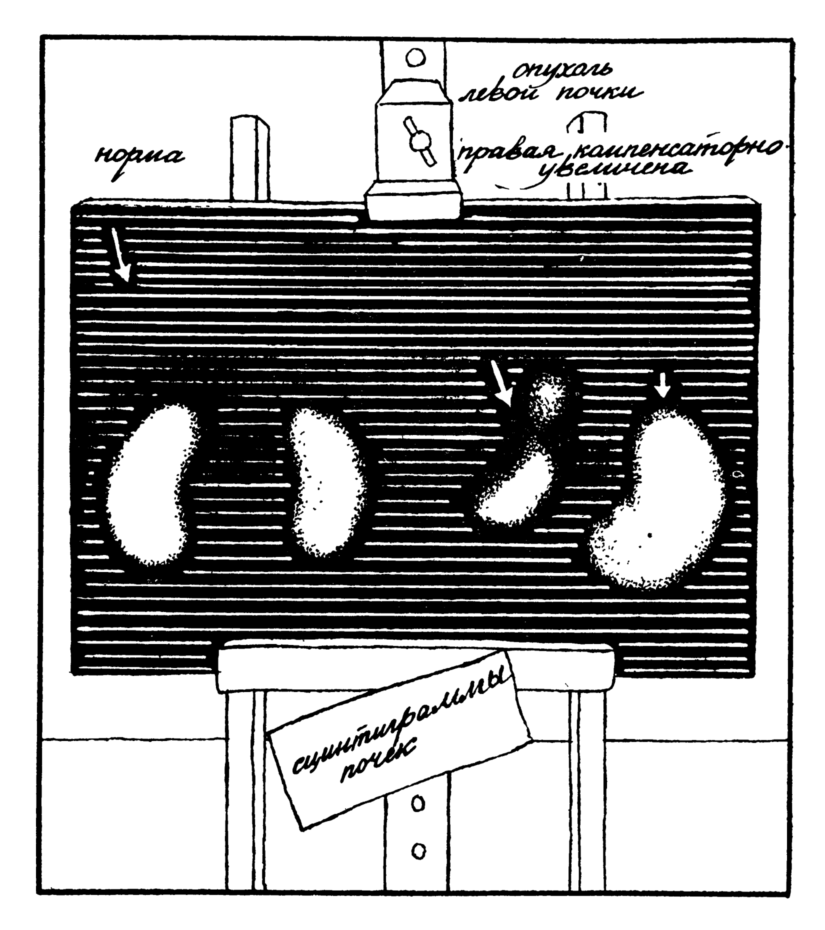
Радионуклидная визуализация почек на гамма-камере требует от врача высокого профессионализма. Кроме того, необходимо иметь хороший компьютер для качественной и всесторонней обработки изображений.

Время прохождения большинства названных радиофармпрепаратов через почки составляет обычно 15—30 минут. В течение этого времени необходимо сделать как минимум 60—100 кадров, полученные изображения почек по заранее составленной программе записать в

память компьютера и затем, когда закончилось исследование, проанализировать их на дисплее.

Если записать в памяти компьютера серию кадров изображений почек в момент прохождения по ним радиофармпрепарата, например, сделать 60 кадров через каждые 30 секунд и затем проанализировать их на дисплее, выявится любопытная картина: фазность выделения меченого вещества.

На первой минуте исследования обнаруживается резкий подъем радиоактивности — радиофармпрепарат, смешавшись с кровью, достиг почек и пропитал их ткань. Затем в течение 3—5 минут интенсивность радионуклидного изображения почек возрастает медленно — радио-



фармпрепарат накапливается в собирательной системе почек: чашечках и лоханке.

Третья фаза серии изображений почек характеризуется постепенным снижением величины радиоактивности вследствие ухода из них радиофармпрепарата в мочевой пузырь.

Компьютер гамма-камеры позволяет точно и, главное, количественно, оценить все нюансы жизнедеятельности почки. Более того, применив специальную систему обработки данных, можно получить детальную характеристику каждого из отделов почки — поверхностного слоя, мозгового слоя, собирательной системы.

Заметим, что воспаление почек и камни в почках часто сочетаются: камни приводят к замедлению оттока мочи и вторичному воспалению, и, наоборот, воспаление — пиелонефрит сопровождается застоем мочи и вторичным образованием камней.

Диапазон радионуклидной визуализации почек чрезвычайно широк. Его часто применяют в детской практике, например, для выявления уродств почек.

Дело в том, что почки в процессе развития плода человека проходят сложную эволюцию. Поэтому уродство почек — отнюдь не редкое явление. В большинстве случаев оно не представляет опасности для ребенка и зачастую является откровением как для родителей, так и для врачей.

Но встречаются, к сожалению, случаи, когда неправильное формирование почек сопровождается нарушением их функций. Возникает вторичное воспаление. В этих случаях уместно энергичное лечение, вплоть до хирургического вмешательства. И чтобы выявить подобные ненормальности развития почек у детей, нужно широко применять радионуклидную визуализацию.

Часто больного человека в лабораторию радионуклидной диагностики приводит опухоль почки. И здесь сцинтиграфия дает в руки врача весьма ценную, а порой уникальную информацию о наличии и месторасположении опухоли.

Аварии, несчастные случаи, прямые удары в область поясницы могут привести к разрыву почечной ткани. Единственная возможность спасти почку, а нередко и жизнь больному — вовремя прооперировать. Радионуклидная визуализация позволяет обнаружить место разрыва почки и одновременно определить глубину функциональных нарушений.

Выше мы уже касались вопроса об экстренной визуализации, когда рассказывали об острой закупорке легочной артерии. В этих и других аналогичных случаях речь идет о срочном радионуклидном исследовании, которое необходимо выполнить непосредственно у постели больного, в отделении реанимации или даже прямо в операционной.

Для этих целей созданы специальные мобильные гамма-камеры. Они легки, просты в употреблении, могут быстро передвигаться в пределах лечебного учреждения. Чтобы не отягощать такую гамма-камеру, компьютер и периферийные устройства вывода информации (графопостроители, дисплеи и др.) нередко располагаются стационарно, на центральном диспетчерском пульте. В таких случаях связь камеры с ЭВМ осуществляется по специальным каналам связи.

Интересно проследить обследование больных с гипертонической болезнью — тоже одним из наиболее распространенных заболеваний современного общества. Интересно потому, что радионуклидная сцинтиграфия почек позволила по-новому взглянуть на природу высокого артериального давления, выделить среди больных лиц, которые могут быть подвергнуты хирургическому лечению.

Дело в том, что у некоторых людей повышение артериального давления возникает вторично, в результате сужения питающей почку артерии. Такая гипертония носит название вторичной, или симптоматической, или, более конкретно, реноваскулярной (рено — почка, васкулярный — сосудистый). Подобные артериальные гипертонии обычно отличаются очень стойким течением, они не поддаются (или поддаются кратковременно) даже самой интенсивной медикаментозной терапии.

Коварство таких гипертоний в том, что нет специфических признаков, отличающих их от истинной гипертонической болезни: нет особых жалоб, лабораторные анализы мочи и крови нормальные.

Излечить реноваскулярную гипертонию можно единственным способом: оперативным путем расширить сосуд, обеспечив почке свободный приток крови. Немедленно исчезнут механизмы, приводящие к возникновению гипертонии. Эффект операции разительный: прямо на операционном столе артериальное давление начинает нормализовываться.

Но как выявить подобных больных из огромного чис-

ла людей с высоким артериальным давлением? Поистине задача о пресловутом поиске иголки в стоге сена.

Сцинтиграфия почек, дающая богатую информацию и безвредная для пациента, стала очень распространенным «просеивающим» тестом среди больных с высоким артериальным давлением. Врачам теперь гораздо удобнее и легче отбирать гипертоников для операций.

Сейчас в медицинской практике сложилось правило: если у пациента с высоким и стойким артериальным давлением, особенно возникшим в молодом, или, наоборот, преклонном возрасте радионуклидное исследование почек не проводилось, обследование такого пациента следует считать незавершенным.

Конечно, одна только сцинтиграмма почек окончательно не решит вопрос о целесообразности хирургического лечения и тем более не определит характер операции. Это делают рентгенологи после специального контрастного изучения почечных сосудов.

В последнее время в медицине возникло новое направление, имеющее непосредственное отношение к предмету нашего разговора, реноваскулярной гипертонии — рентгеноэндоваскулярная хирургия. Суть этого направления состоит в хирургическом вмешательстве на сосудах, которое выполняется врачом-рентгенологом с помощью специальных сосудистых катетеров.

Вводя такие катетеры в просвет сосуда, рентгенологи вначале научились дробить и растворять застрявшие в сосудах кровянистые сгустки, или тромбы. Затем наступил период, когда стали вводить в сосуды через установленные в них катетеры лекарственные препараты прямо к пораженным органам. Это значительно увеличило эффективность медикаментозной терапии.

Рентгеноэндоваскулярная хирургия избавила многие тысячи больных от травматических оперативных вмешательств.

Новым прогрессивным направлением рентгеноэндоваскулярной хирургии явилась методика катетерного расширения сосудов, предложенная в 1964 году американскими исследователями Ч. Доттером и М. Джаткинсом. Необходимость в подобной манипуляции возникает весьма часто, например, при закупорке артерии атеросклеротической бляшкой. Всем известно, что атеросклеротическое поражение сосудов — наиболее частое заболевание современного цивилизованного мира.

В 1974 году немецкий врач А. Грюнтциг разработал

и сконструировал специально предназначенный для этих целей баллонный катетер. Он представляет собою длинную трубку, на конце которой расположен баллончик, изготовленный из высокопрочного материала. Как только конец катетера с укрепленным на нем баллончиком устанавливается в суженный участок сосуда, в баллон подается под высоким давлением жидкость. Расширившись, баллон раздавливает атеросклеротическую бляшку, при этом проходимость сосуда восстанавливается.

Итак, в медицине сложилась следующая цепочка действий в отношении больных с повышенным артериальным давлением. Сначала с помощью радионуклидных методов осуществляется «просеивание», и среди большого количества людей отбираются те, у кого подозревают почечную природу заболевания.

Затем в свои права вступает рентгенолог. Закатетеризировав почечные сосуды и введя в них рентгеноконтрастное вещество, он окончательно устанавливает почечно-сосудистую природу артериальной гипертензии. Далее в рентгенологическом кабинете диагностический процесс переходит в лечебный — рентгенолог вводит баллонный катетер и расширяет почечный сосуд. А раз причина гипертонии ликвидирована, артериальное давление у больного немедленно приходит к норме.

Итак, привычный маршрут больных с гипертонической болезнью от терапевта к терапевту, из поликлиники в терапевтический стационар и обратно, отныне прерван. В него властно вторглись специалисты по ядерной медицине и рентгенологии, принеся избавление от тягостных ощущений многим больным с артериальной гипертонией, ранее безуспешно лечившимся у терапевтов.

Однако жизнь внесла коррективы в первые, чересчур оптимистические прогнозы пионеров рентгеноэндоваскулярного расширения. Оказалось, что со временем, через несколько лет, а иногда и месяцев на месте раздавленной бляшки возникала новая, и вновь у больных развивалась артериальная гипертония.

Где выход? До последнего времени считали, что единственное спасение удалить пораженный сосуд и вместо него вставить протез — искусственный сосуд.

В мае 1985 года в Москве на VIII Всесоюзном симпозиуме по рентгеноэндоваскулярной хирургии был сформулирован принципиально новый подход — применение рентгеноэндоваскулярного протезирования.

Идея уходит своими корнями в 40-е годы, когда ака-

демик Г. Курдюмов открыл особый тип превращений в металлических сплавах. Суть открытого Курдюмовым явления состояла в том, что некоторые сплавы, как оказалось, обладают эффектом «запоминания» формы. Если их при определенной температуре деформировать, то при дальнейшем нагревании сплавы восстановят свою форму.

Среди многочисленных опробованных сплавов наиболее приемлемым оказался нитинол.

Метод состоял в следующем: изготовить из нитинола спираль по диаметру сосуда. Затем, превратив ее при определенной температуре в прямой кусок проволоки, протолкнуть его под контролем рентгеновского аппарата через просвет катетера в место сужения сосуда. Как только проволока начнет нагреваться протекающей кровью — а ее температура, как известно, около 37 градусов Цельсия, — проволока «вспомнит» приданную ей когда-то форму и вновь превратится в спираль. Эта спираль станет своего рода внутренним каркасом, препятствующим спадению сосуда и развитию в этом участке атеросклеротической бляшки.

После экспериментов на животных ученые стали применять эндоваскулярное протезирование людей. Первому пациенту, продемонстрированному участникам конференции, только что исполнилось 56 лет. Установленная в подвздошной артерии (сосуде, питающем нижнюю конечность) спираль в течение всего срока наблюдения — 7 месяцев — надежно обеспечивала хорошую проходимость для кровотока. Можно полагать, что в скором времени спиральное протезирование сосудов займет достойное место в лечении многих сосудистых заболеваний.

ПРОНИКАЯ В СЕРДЕЧНЫЕ ТАЙНЫ

Говоря о проблеме сердечно-сосудистых заболеваний, мы обсуждали пока главным образом диагностику поражений сосудов. Но ведь самой частой причиной гибели людей является ишемическая болезнь сердца и ее осложнение — инфаркт миокарда. И естественно, что актуальность кардиологии стимулировала развитие радионуклидной диагностики в этой области.

Современные радионуклидные исследования дают в руки врача очень много важной, порою уникальной информации. Начнем хотя бы с проблемы радионуклидной визуализации сердечной мышцы.

Это оказалось чрезвычайно сложной задачей.

Во-первых, нужен был радиофармпрепарат, избирательно накапливающийся в сердечной мышце, притом в гораздо больших количествах, чем в окружающих, в том числе и мышечных, тканях.

Во-вторых, визуализация мышцы сердца создает большие трудности технического порядка из-за его быстрого и постоянного перемещения в пространстве во время сердечных сокращений. Чтобы преодолеть такую динамическую нерезкость и получить четкое изображение сердца, нужны специальные гамма-камеры, обладающие очень высокой чувствительностью к гамма-излучению и оснащенные высокопроизводительным компьютером.

Такие гамма-камеры должны иметь специальное приспособление — триггер. Он позволяет синхронизировать работу камеры с сократительной деятельностью сердца. Включать, например, детектор камеры только в момент максимального сокращения сердца (систола) или наибольшего расслабления (диастола) и передавать каждое из полученных изображений в компьютер. Такие гамма-камеры появились лишь с 80-х годов.

Одним из перспективных радиофармпрепаратов, используемых в кардиологической практике, стал таллий-201. Этот препарат — биологический аналог калия, элемента, активно участвующего в передаче возбуждения в сердечной мышце. Как и калий, он накапливается в сердечной мышце. Это позволяет визуализировать сердце.

В то же время таллий не проникает в участок омертвения, или некроза, вызванный инфарктом миокарда. Таким образом, при введении таллия-201 в организм человека, страдающего инфарктом миокарда, на фоне сцинтиграфического изображения сердца появляется участок пониженного накопления радиофармпрепарата, который соответствует зоне некроза.

В последнее время сцинтиграфию сердца с радиоактивным таллием применяют во всех передовых кардиологических клиниках. Кроме того, этот метод используют как скрининг, метод отбора людей со склонностью к инфаркту миокарда среди лиц, чей труд связан с повышенной ответственностью: летчиков, водителей пассажирского транспорта, диспетчеров наземных служб аэропортов и др., то есть всех, у кого внезапный сердечный приступ может вызвать резкий сбой в работе, что повлечет за собой человеческие жертвы.

Иногда люди в покое и при обычном ритме жизни не ощущают болезни сердца, хотя резервы его находятся на

пределе или вообще исчерпаны. В таких случаях радионуклидная визуализация сердца с таллием-201 выполняется дважды: до и после строго дозированной физической нагрузки.

В практику широко вошли специальные приборы — велоэргометры, которые позволяют точно определить величину физического напряжения. Если с сердцем все нормально, сцинтиграфия будет одинаковой до и после нагрузки. Если же есть скрытая недостаточность кровоснабжения сердечной мышцы, в этом участке на повторной сцинтиграмме после нагрузки будет видно, что радиофармпрепарата накопилось меньше.

Недалеко время, когда в автопарках, в аэропортах появятся пункты медицинской диагностики сердечной неполноценности, которые будут оснащены наряду с традиционными методами исследования сердца также специализированными гамма-камерами.

Еще один интересный радионуклидный метод визуализации сердечной мышцы родился в тесном содружестве с врачами-рентгенологами.

Существует весьма сложный рентгенологический метод изучения коронарных сосудов, питающих мышцу сердца и ответственных, как известно, за развитие инфаркта миокарда. Чтобы выявить коронарную недостаточность, рентгенологи проводят специальное рентгеноконтрастное исследование. С этой целью под контролем рентгеновского аппарата с помощью специального катетера в коронарные сосуды вводят рентгеноконтрастное вещество и сразу же делают серию рентгеновских снимков или кинорентгенографию. На полученных рентгенограммах хорошо видны коронарные сосуды как нормальные, так и измененные патологическим процессом.

Коронарография (так называют данное исследование) дает точную локализацию пораженного сосуда, что имеет решающее значение, если речь заходит о хирургическом вмешательстве.

Многолетний опыт применения коронарографии, однако, показал, что в диагностике инфаркта миокарда не все так просто и ясно, как казалось вначале. В частности, среди большой массы обследованных больных случалось, что проходимость коронарных артерий была хорошая, а инфаркт миокарда тем не менее развивался.

Возникло предположение, что у таких больных не в порядке капиллярный кровоток, то есть кровоток в мельчайших кровеносных сосудах, питающих сердечную

мышцу. Но на рентгенограммах эти мелкие сосуды не отображались.

Тогда на помощь пришла ядерная медицина. Под руководством профессора И. Рабкина в нашей стране в середине 70-х годов был разработан новый радионуклидный метод изучения капиллярного кровотока в сердечной мышце, который получил название коронарной ангиосцинтиграфии.

После того как катетер установлен в коронарный сосуд и проведено рентгеноконтрастное исследование, больной тут же поступает в распоряжение специалиста по радионуклидной диагностике. Через этот же катетер в коронарный сосуд вводят микроагрегаты альбумина, меченные технецием-99m (тот же радиофармпрепарат МАА, который применяется при визуализации легких). Большие агрегаты белковых молекул застревают в капиллярах и сигнализируют об интенсивности капиллярного кровотока. Если он нарушен, в зоне обследования возникает дефект накопления радиофармпрепарата.

Так замкнулась диагностическая цепочка в распознавании инфаркта миокарда: кровоснабжение в крупных коронарных артериях (рентгенологический метод диагностики) — мелкие сосуды-капилляры (радионуклидная визуализация с МАА при внутрикоронарном введении препарата) — интенсивность обмена веществ в мышце сердца (радионуклидная визуализация с таллием-201).

Последний штрих в проблему радионуклидной визуализации инфаркта миокарда внесли меченые моноклональные антитела. Это принципиально новый класс радиофармпрепаратов, которые только начинают применяться в радионуклидной диагностике.

Как известно, от всего биологически чужеродного организм человека защищается двояким способом — белыми кровяными шариками крови, или лимфоцитами, и особыми крупными белковыми молекулами — гамма-глобулинами, иногда их называют иммуноглобулинами.

Иммуноглобулины вырабатываются в нашем организме лимфоцитами в ответ на введение различных чужеродных веществ — антигенов: белков, токсинов, химических препаратов и др. Выработанные в организме иммуноглобулины строго специфичны. Их защитная активность направлена только против того антигена, который стал инициатором их выработки.

Таким образом, в организме существует важный защитный иммунный механизм на введение чужеродного

вещества — реакция антиген-антитело. Именно этот принцип и положен в основу рассматриваемого метода в радионуклидной визуализации.

Сначала в лабораторных условиях экспериментальным путем на животных получают иммуноглобулины путем их иммунизации, то есть многократного введения какого-либо определенного белка — антигена. Такие иммуноглобулины строго специфичны, чувствительны только к этому антигену. Если теперь ввести антитела в организм человека, то они обязательно найдут свои антигены и соединятся с ними, чтобы обезвредить.

Как же осуществляется радионуклидная визуализация с помощью моноклональных антител?

Чтобы получить изображение, например, раковой опухоли легкого, этой тканью, являющейся в данном случае антигеном, иммунизируют животное. Через некоторое время (неделя-месяц) у животного забирают кровь, содержащую большое количество антител к раковой опухоли легкого. На специальных фильтрах их отделяют от остальных компонентов крови животного и затем метят радиоактивным нуклидом.

Если теперь полученный таким способом радиофармпрепарат, меченые антитела, ввести больному с раковой опухолью, антитела обязательно «отыщут» свой антиген — опухоль, соединятся с ним и просигнализируют о своем местопребывании в организме гамма-излучением. Вот собственно в чем состоит принцип радионуклидной визуализации на основе моноклональных антител.

В 1984 году американские исследователи из Гарвардского университета предложили использовать меченые моноклональные антитела для визуализации сердечной мышцы. Их получили при иммунизации животных особым белком, входящим в состав сердечной мышцы, миозином.

При повреждении сердечной мышцы, которое возникает в результате инфаркта миокарда, миозин выходит на поверхность сердца. Если теперь ввести такому человеку препарат, меченный антимиозинными моноклональными антителами, они сгруппируются на поверхности сердца, обрисовав зону инфаркта миокарда. На итоговой сцинтиграмме, таким образом, получится изображение поврежденной сердечной мышцы.

Описываемый метод диагностики инфаркта миокарда оказался более точным, чем все существовавшие до сих пор лабораторные и инструментальные методики.

ПОКА БЬЕТСЯ СЕРДЦЕ

Основная функция сердца — перегонять кровь по телу человека. Поэтому так важно иметь изображение камер сердца и оценить их деятельность. Пока эта задача решалась рентгенологическим методом. С помощью специального катетера в сердце вводилось рентгеноконтрастное вещество. На серии рентгенограмм или кинорентгенограмм, выполненной в момент прохождения рентгеноконтрастного вещества по полостям сердца, оценивались камеры сердца, их форма, величина и положение.

В чем минусы этого метода? Прежде всего в том, что без введения катетера в сердце не обойтись. Да и рентгеноконтрастные препараты также далеко не безразличны для больного.

Этих недостатков лишена радионуклидная ангиокардиография. Небольшое количество радиофармпрепарата вводится в локтевую вену. На серии сцинтиграмм, выполненных в течение 5—7 секунд, видны последовательно все камеры сердца — правое предсердие, правый желудочек, левое предсердие, левый желудочек. Поскольку все данные записаны в память компьютера, дать их количественную оценку не представляет затруднения.

В самое последнее время в радионуклидную ангиокардиографию внедрены две новинки. Использован новый радионуклид — золото-195m с периодом полураспада всего 30 секунд! Такой нуклид можно безопасно вводить в очень больших дозах. Это намного улучшает качество изображения и повышает точность оценки функции.

Кроме того, с 1981 года стали применять гамма-камеру с мультикристаллическим, то есть состоящим из множества мелких сцинтилляционных кристаллов, детектором. Скорость счета импульсов (а значит, и информативность) возросла со 100 до 300—400 тысяч импульсов в секунду.

В начале 80-х годов вошел в употребление буферный блок памяти. Этот блок каждые 20 миллисекунд переводит накопленную информацию на магнитный диск и набирает новое изображение. Подобная система позволяет регистрировать до миллиона импульсов в секунду, то есть «собирать» все кванты, испускаемые введенным в организм человека радиофармпрепаратом.

Еще одна новинка последнего времени, используемая в кардиологии — равновесная ангиокардиография. Она позволяет получить на экране дисплея два изобра-

жения сердца, одно из которых выполнено в систолу, другое — в диастолу. Сопоставив эти два изображения, можно оценить сократительную способность мышцы сердца, выявить самые начальные и незначительные нарушения ее функции.

Выполнить такую прицельную съемку с помощью обычной, даже самой чувствительной гамма-камеры, нельзя: слишком мал интервал времени для получения изображения. Из подобной ситуации был найден оригинальный выход. Было предложено включать гамма-камеру специальным приспособлением — триггером от сигналов электрокардиографа в такт с сокращениями сердца.

За один сердечный цикл делается два набора импульсов в память компьютера — один в систолу, другой в диастолу. В следующий цикл получают еще два кратковременных набора импульсов в систолу и диастолу. Так продолжается несколько минут, пока в памяти компьютера не накопится сумма импульсов, достаточная для получения изображения сердца в систолу и диастолу. Эти изображения и выводит врач-кардиолог на экран дисплея. Имея цифровую информацию в памяти ЭВМ, нетрудно дать точную количественную оценку деятельности сердца.

ПОЗНАКОМИМСЯ С ИНТРОСКОПИЕЙ

> Познать научную истину нельзя логикой — можно лишь жизненно. Действие — характерная черта научной жизни.
>
> *В. Вернадский*

Сначала о термине «интроскопия». Это новое понятие. Оно родилось в последнее десятилетие и обязано своим возникновением стремительному прогрессу ряда научных и технологических направлений: рентгенотехники, ультразвуковой локации, компьютерной технологии, математической реконструкции изображений, радионуклидной и инфракрасной визуализации, ядерно-магнитно-резонансного анализа.

Все перечисленные научные направления относятся к разряду приоритетных. В разработке этих областей знаний и создании технологических решений участвуют крупные коллективы ученых, научно-производственных и промышленных комплексов. На эти цели отводится значительная доля национального бюджета всех высокоразвитых стран мира.

Интроскопия (дословно: визуальное наблюдение за тем, что внутри) — это совокупность методов, позволяющих исследовать внутреннюю структуру объектов, не нарушая их целостности. Осуществляется это разными способами: рентгеновскими или гамма-лучами, ультразвуковыми колебаниями, потоком заряженных частиц, электромагнитными колебаниями радиочастотного диапазона и др. Поскольку изучение объектов такими физическими методами не приводит к повреждению этих объектов, их еще называют «способами неразрушающего контроля».

Методами интроскопии очень широко пользуются на всех промышленных предприятиях. Ни одно изделие не проходит без «проникающего контроля». Просвечивают металлические трубы, балки, детали автомашин и самолетов, металлический прокат, телевизоры и радиоприемники, узлы двигателей и детали ракет. Конструкторы должны быть уверены, что задуманные ими механизмы сделаны из добротных материалов, в них нет трещин или

раковин. Короче, интроскопия — это часть современного научно-технического прогресса.

У врачей — близкая по характеру задача: исследовать структуру внутренних органов человека, не разрушая их, то есть не повреждая тканей.

С одним из таких методов «неразрушающего» контроля — радионуклидным исследованием мы уже познакомились. В действительности же врач, обследуя больного, конечно же, не ограничивается одним только этим исследованием. В большинстве случаев для всестороннего изучения человека и постановки максимально точного диагноза заболевания необходимо использовать также другие методы интроскопии: рентгеновские, ультразвуковые, тепловизионные и др. Тем более что в современных медицинских учреждениях — стационарах, диспансерах, поликлиниках — все эти методы собраны воедино в одном централизованном отделении «медицинской диагностики» или «диагностическом центре».

В медицине в последние годы введен новый термин — «медицинское, или диагностическое, изображение». Под этим термином понимается изображение внутренних органов человека, получаемых совокупностью средств неразрушающего контроля — рентгенологическим, радионуклидным, ультразвуковым и другими подобными методами.

Проанализировав полученную картину и изучив выявленные в нем болезненные изменения, врач ставит диагноз.

Знакомство с диагностическим отделением нового, интегративного типа мы начнем с рентгенологического кабинета, как представителя наиболее распространенного и традиционного способа визуализации.

Что же нового увидит посетитель в современном кабинете рентгенологической диагностики?

Прежде всего необычен сам вид рентгеновского кабинета. Многие десятилетия рентгенолог работал в темноте, и вот теперь он обрел законное право радоваться дневному свету и в рабочее время. Сделать это помогли ученые, создав специальные усилители рентгеновского изображения, или сокращенно УРИ. Принцип УРИ прост. К просвечивающему экрану рентгеновского аппарата, который, как известно, светится очень слабо, присоединяется особое устройство в виде колбы. Оно позволяет усилить свечение рентгеновского экрана в тысячу раз!

УРИ сыграли революционизирующую роль в рентге-

нологии. Во-первых, появилась новая технология получения рентгеновского изображения. В непосредственной близости за УРИ можно расположить приемную телевизионную камеру и далее передать изображение на экран телевизора. А раз так, то рентгенологу уже необязательно быть рядом с рентгеновским аппаратом. Можно поместить телевизор в соседней комнате и там наблюдать за больным, не подвергая себя опасности рентгеновского облучения.

Можно подключить к телевизору видеомагнитофон и затем прокрутить видеокассету бесконечное количество раз с различной, в том числе замедленной, скоростью. Теперь от внимательного глаза рентгенолога уже не укроются быстротечные процессы жизнедеятельности наших органов.

Каждый, кто наблюдал спортивные состязания по телевизору, очевидно, испытывал ни с чем не сравнимое чувство власти над временем, когда оператор и комментатор начинают в рапидном повторе «проигрывать» наиболее драматические и волнующие моменты поединков. То же самое испытывает рентгенолог, когда видит в замедленном повторе работу сердечной мышцы, клапанов сердца, сокращение сосудов.

УРИ имеет еще одно немаловажное преимущество — при его использовании резко снижается лучевая нагрузка на больного. Это значит, что врач, проводя исследование, уже не скован столь жестко рамками времени, как прежде, при традиционном рентгенологическом исследовании. Благодаря низкой лучевой нагрузке УРИ начинают применять при многих традиционных рентгенологических исследованиях, таких, как флюорография, рентгенография.

Еще одно нововведение в рентгенологии, электрорентгенография — получение рентгеновского изображения на обычном листе бумаги. Уже сейчас в нашей стране многие пациенты получают на руки после окончания рентгенологического исследования не рентгеновскую пленку, а лист бумаги с изображением снятого органа.

Задача электрорентгенографии – в первую очередь сберечь серебро. В одном квадратном метре рентгеновской пленки содержится около 10 граммов чистого серебра. Вот почему во всем мире рентгеновские пленки стоят дорого и везде являются дефицитными.

Для получения электрорентгенографического изображения берется селеновая пластинка и заряжается до

определенной разности потенциалов. Затем делается рентгеновский снимок на эту пластину. Под действием рентгеновского излучения происходит перераспределение электрического заряда на пластине. Возникает скрытое электростатическое изображение. Чтобы его увидеть, на пластину напыляют специальный темный полистироловый порошок. Получившееся пылевое изображение затем переносят с пластины на бумагу и фиксируют парами ацетона.

Все это выполняется автоматически в специальных приставках к рентгеновскому аппарату.

Электрорентгенографическое изображение несколько отличается от изображения, полученного на рентгеновской пленке. На электрограмме хорошо видны как мягкие, так и плотные ткани, чего никогда нельзя добиться на пленочных снимках. На электрорентгенограмме, кроме того, очень четко очерчены контуры органов, хорошо различимы мелкие детали.

Еще одно новое направление «серебросохраняющей технологии» рентгенографии — малосеребряные эмульсии. Идея метода такова. В эмульсию рентгеновской пленки вводят небольшое количество серебра, в 5—10 раз меньше, чем обычно, только для «затравки». Дальнейшее окончательное формирование изображения происходит с помощью недрагоценных металлов, в основном меди. Так что, если вам когда-нибудь попадет в руки пленка, имеющая ярко выраженный синий цвет, знайте, что в ваших руках новый носитель рентгеновской информации — малосеребряная пленка.

Принципиально новым шагом явилась дигитальная, или вычислительная, рентгенология. Этому направлению всего несколько лет, но уже сейчас его успехи поражают специалистов. Чтобы понять сущность и, главное, преимущество дигитальной рентгенологии, необходимо обратиться к технологии формирования рентгеновского изображения.

При традиционных методах рентгенологического исследования (просвечивании, снимках) технологическая цепочка получения изображения включает в себя всего три компонента: рентгеновский излучатель (трубка), объект исследования (человек), приемник излучения (экран рентгеновского аппарата, рентгеновская пленка).

В такой системе получения рентгеновского изображения, которая исправно работает на протяжении вот уже

многих десятилетий, есть существенный изъян. На каждом отдельном этапе прохождения рентгеновского луча — через человека, приемник излучения — возникают многочисленные помехи, или, как говорят специалисты, внутренние шумы.

Причины внутренних шумов самые разнообразные: это и неоднородность пучка рентгеновских лучей, нестабильность питающего электрического тока, неоднородность объекта исследования, рассеяние рентгеновских лучей в объекте, дефекты в экранах и пленках. Избавиться от таких помех нельзя. Можно лишь ценой больших усилий снизить их влияние.

Создатели нового дигитального способа рентгенодиагностики предложили удлинить технологическую цепочку получения изображения. Полученное на просвечивающем экране рентгеновское изображение передается на специальное устройство — аналогово-цифровой преобразователь, или сокращенно АЦПУ.

В нем рентгеновское изображение кодируется в длинную серию цифр. Эта серия затем передается в компьютер, который по специальной, заданной врачом программе, обрабатывает изображение: убирает из него помехи, делает более контрастным и четким, изымает ненужные, мешающие детали. При необходимости изображение может быть увеличено или, наоборот, уменьшено.

После того, как закодированное цифровое изображение обработано, то есть улучшены его качества, оно поступает в следующее устройство — дешифратор, или цифро-аналоговый преобразователь — сокращенно ЦАП. Назначение ЦАП противоположно АЦПУ — из серии цифр получить вновь обычное рентгеновское изображение. Однако теперь оно гораздо более качественное. Указанный принцип дигитальной технологии начинает применяться повсюду: при рентгенологическом просвечивании больных, при получении рентгеновских снимков. Но особенно явственно преимущество дигитального способа заметно при контрастном рентгенологическом исследовании сосудов, ангиографии.

Контрастное рентгенологическое исследование сосудов, основанное на дигитальном принципе, получило даже свое новое название: дигитальной субтракционной ангиографии. Напомним, что термин «субтракция» означает «вычитание». Первые публикации в нашей стране по субтракционной дигитальной ангиографии относятся

к 1985—1986 годам и принадлежат профессору А. Савченко.

Метод оригинален и прост. Прежде чем ввести в сосуд рентгеноконтрастное вещество, производят запись изображения исследуемого участка тела больного, естественно, в цифровом виде, в память компьютера. Затем в другую часть памяти записывают рентгеновское изображение этой же области после введения в сосуды рентгеноконтрастного вещества. На последнем этапе исследования проводят компьютерную реконструкцию изображения: из второго вычитают первое.

Нетрудно догадаться, что на итоговой картине видны только контрастированные сосуды без всяких мешающих образований — костей, мягких тканей и др.

Такое реконструированное изображение сосудов отличается очень высоким качеством: на нем хорошо видна вся сосудистая сеть, питающая орган, включая мельчайшие разветвления сосудистых веточек.

Субтракционная вычислительная ангиография позволила врачам получать картину артериальных сосудов, например, аорты или питающих голову артерий, при абсолютно безопасном и щадящем введении небольшого количества рентгеноконтрастного вещества в вену руки.

Еще одно достижение компьютерной технологии в рентгенодиагностике — анализ работы сердца. При этом в полость сердца вводят рентгеноконтрастное вещество, записывают серию изображений сердца в память компьютера, а затем по специальным программам анализируют работу сердца на экране дисплея. Автоматический анализ изображений сердца позволяет получить уникальную, ни с чем не сравнимую диагностическую информацию.

Применение компьютерной технологии в получении рентгеновского изображения позволило по-новому организовать архивное дело. Компьютеризированные рентгенологические данные записываются на магнитные диски или ленты. Такая запись очень компактна. На одном магнитном диске величиной с граммпластинку можно уместить изображения нескольких десятков рентгенограмм. Поиск нужных данных в таком компьютеризированном архиве также очень прост. По условному коду компьютер моментально отыщет необходимую порцию цифр и передаст их в специальное дешифрующее устройство, которое преобразует их в рентгеновское изображение на экране дисплея.

КОМПЬЮТЕР ВМЕСТО ГИТАРЫ

Компьютеризация рентгенодиагностики является совершенствованием традиционного, ставшего привычным для многих поколений врачей рентгенологического изображения. Это своего рода компьютерная надстройка над классической рентгенодиагностикой. Но зная поистине фантастические возможности современной компьютерной технологии, мы вправе были ожидать от нее принципиально нового способа получения рентгеновского изображения. Такой прорыв в рентгеновскую визуализацию был сделан в 70-е годы, когда начала создаваться компьютерная томография.

Компьютерный томограф — поистине вершина научной мысли и электронной технологии последней четверти XX века.

История компьютерной томографии поучительна и увлекательна. Начало ее было положено работой двух американских ученых: невролога У. Олдендорфа и радиолога Д. Кула, которые в 1960 году, используя в качестве источника излучения радионуклид йод-131, произвели реконструкцию изображения поперечного сечения черепа. Однако, как мы уже упоминали, в то время эта работа особого внимания не привлекла.

Спустя три года, в 1963 году в «Журнале прикладной физики» появилась статья малоизвестного тогда американского физика А. Кормака, в которой он предложил математический метод реконструкции изображения головного мозга с помощью узконаправленного пучка рентгеновского излучения.

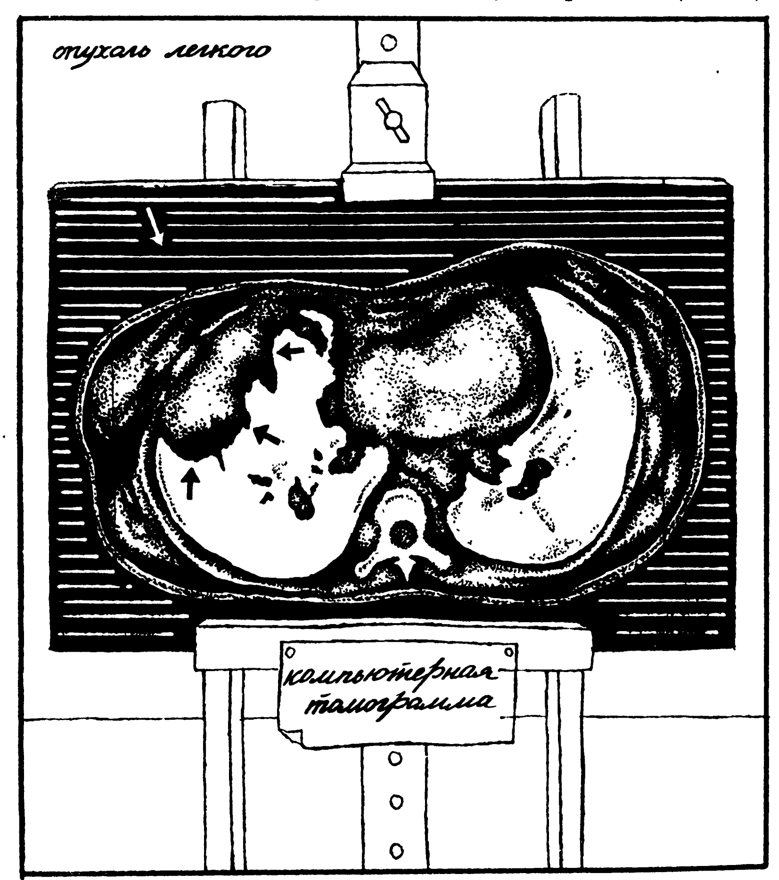
В отличие от предыдущей эта публикация обратила на себя внимание специалистов в области создания электронной музыки. Одна небольшая английская фирма по производству электромузыкальных инструментов (сокращенно ЭМИ) имела, как принято в такого рода учреждениях, свою небольшую, но неплохо оснащенную конструкторскую лабораторию. Ею руководил в то время еще неизвестный инженер Г. Хаунсфилд.

Нужно было обладать гениальной научной прозорливостью, чтобы отложить все текущие дела и заняться совсем не своим делом — конструированием медицинского аппарата! В условиях капиталистического бизнеса подобное «вольнодумство» нередко оборачивается крахом и для его инициаторов, и для всей фирмы в целом. Однако в этом случае смелая идея победила. В кратчайший срок,

забросив гитары и барабаны, ученые смогли создать аппарат нового типа, который первоначально получил фирменное название ЭМИ-сканера.

19 апреля 1972 года на ежегодном конгрессе Британского института рентгенологии инженером Г. Хаунсфилдом и врачом Дж. Амброусом был сделан доклад под интригующим названием: «Рентгенология проникает в мозг». Успех его был ошеломляющим. Преимущества нового, только что родившегося метода исследования были столь очевидны, что многие крупные электронные фирмы мира немедленно переключились на конструирование и производство новых аппаратов. Впоследствии их стали называть компьютерными томографами.

В 1974 году в Джорджтаунском университете (США)



под руководством профессора Р. Ледли был введен в эксплуатацию первый компьютерный томограф принципиально нового типа — для исследования всего тела человека. Несмотря на высокую стоимость такого оборудования — современный компьютерный томограф стоит около 1—1,5 миллиона долларов — их производство и сбыт росли, как снежный ком. К 1985 году в высокоразвитых капиталистических странах (ФРГ, Франция, Япония, США) количество функционирующих компьютерных томографов приблизилось к 2,5—3 тысячам. В Японии, например, на миллион жителей приходится в среднем 25 компьютерных томографов, а в США — 7.

Возникла новая медицинская специальность — врач по компьютерной томографии. Компьютерные томографы начали широко применяться в промышленности как средство «неразрушающего контроля». По этой специальности выпускаются ежегодно десятки книг, издаются журналы, проводятся конгрессы. Созданы национальные общества. Словом, возникло новое научное и техническое направление с соответствующими хозяйственными, государственными и общественными институтами.

За короткий промежуток времени — немногим более 10 лет — сменилось несколько поколений аппаратов. В 1979 году создателям компьютерного томографа Г. Хаунсфилду и А. Кормаку была присуждена Нобелевская премия.

Сущность нового метода состоит в следующем. С одной стороны на больного направляется узкосфокусированный рентгеновский луч. Проходя через тело человека, он по-разному поглощается в тканях. С противоположной стороны больного расположены детекторы, которые воспринимают прошедшее через него рентгеновское излучение. Возникшие в детекторах электрические импульсы передаются в память ЭВМ.

В томографах первого поколения во время исследования рентгеновская трубка и детектор синхронно перемещались над больным линейно, то есть сканировали его. После того как заканчивалось сканирование в одной плоскости, вся система поворачивалась вокруг больного на несколько градусов и проводилось второе сканирование и так далее, пока система не совершала поворот на 180 градусов. Результаты каждого сканирования заносились в память ЭВМ.

Затем начиналась компьютерная реконструкция изо-

бражения. По специальным алгоритмам на телемониторе воссоздавалось изображение поперечного сечения органов человека.

В отличие от всех ранее существовавших методов компьютерная томография обладает рядом принципиальных преимуществ.

Во-первых, высокой чувствительностью. На компьютерных томографах хорошо дифференцируются ткани, имеющие различие в плотности всего в 0,5 процента. Обычные рентгенограммы «чувствуют» разницу в плотности ткани только в 10 и даже 20 процентов.

Во-вторых, в отличие от обычных рентгенограмм и томограмм компьютерные томографы позволяют получать исключительно четкое изображение структуры органов и патологических очагов в тонкой плоскости среза, толщиной всего в 3 — 5 миллиметров.

В-третьих, компьютерные томографы позволяют количественно оценить плотность исследуемых тканей. Ее измеряют в условных единицах — единицах Хаунсфилда.

Все органы человеческого тела укладываются в диапазон от — 1000 до +1000 единиц Хаунсфилда, то есть в 2000 единиц Хаунсфилда. Например, кора головного мозга имеет плотность 19 — 23, белое вещество — 13 — 17, мозговая жидкость — 0 — 7 единиц Хаунсфилда и т. п. Уже этот перечень показывает, что компьютерной томографии доступно изображение таких структур, о которых рентгенолог раньше и мечтать не мог.

Жизнь первого поколения компьютерных томографов оказалась скоротечной: не устраивала продолжительность сканирования — около 20 минут и слишком долгой была компьютерная реконструкция изображения. На таких аппаратах можно было исследовать только головной мозг. Что же касается тела человека, то изображение получалось нечетким, расплывчатым.

В томографах второго поколения использовали веерный пучок от одной рентгеновский трубки и большое количество детекторов — до 30. Это сократило время сканирования до 5 минут.

В следующем, третьем поколении компьютерных томографов стали применять очень широкий веерный пучок рентгеновских лучей и еще большее количество детекторов — до 1500. Время сканирования сократилось до 1 — 2 минут. Томографы этого поколения позволили производить послойное исследование всех органов человека.

Но процесс совершенствования продолжается. Уже созданы первые модели аппаратов четвертого и пятого поколений. У них не один, а много рентгеновских излучателей, до 200. Применен очень мощный процессор с большой скоростью обработки информации — до 10 миллионов операций в секунду. В результате время сканирования сократилось до 40 — 50 миллисекунд. Появилась возможность (внимание, здесь кульминация научной идеи!) видеть на экране телемонитора сокращение отдельных поперечных слоев сердца толщиной 1 — 2 миллиметра.

Но и эти фантастические по сегодняшним представлениям возможности компьютерной томографии не предел. Уже созданы теоретические модели шестого поколения аппаратов. В них предполагается использовать до 5 тысяч детекторов, около 200 рентгеновских излучателей и очень большую, сверхмощную ЭВМ. Такие аппараты позволят получать трехмерное объемное изображение органов, в том числе сердца, препарировать его по отдельным слоям. Причем выполнять все это в реальном масштабе времени.

Современная медицина немыслима без компьютерной томографии. На томограммах хорошо выявляются малейшие патологические изменения в органах и тканях. Опухоли, кисты, небольшие участки воспаления, изменение в ткани эволюционного, старческого порядка, врожденные уродства — все это быстро, точно и, что не менее важно, абсолютно безболезненно устанавливается врачом на компьютерных томограммах.

Иногда, чтобы выявить совсем незначительные детали болезненного процесса, в организм человека вводят несколько миллилитров обычного рентгеноконтрастного вещества, того, которое широко используется рентгенологами при контрастном исследовании сосудов, почек, сердца, желчевыводящих путей. Это так называемая «усиленная» компьютерная томография.

История разработки и создания двух важнейших технических средств: компьютерного томографа и персонального компьютера, которые в значительной степени определяют уровень современных научных достижений, — необычна и поучительна.

Оба открытия были сделаны вне русла магистрального направления, которое разрабатывала фирма. Как мы помним, компьютерный томограф родился в фирме, производящей музыкальные инструменты, а персональ-

ный компьютер первоначально предполагалось использовать для детских электронных игр.

В связи с этим возникает ряд серьезных вопросов организации научного поиска.

Прежде всего — насколько оправдано отвлечение материальных средств, интеллектуальных сил от основного, магистрального направления научных интересов того или иного коллектива, института, предприятия.

Опыт компьютерной томографии показывает, что это вполне целесообразно. Многие крупные капиталистические фирмы имеют в своем составе определенное число научных групп, не связанных с основным производственным направлением. Эти группы ученых-единомышленников могут заниматься чем угодно, биться над, казалось бы, самыми нелепыми идеями, из любых, сколь угодно далеких областей знаний. Периодически они лишь должны отчитываться перед руководством фирмы о проделанной работе. Для этих групп не существует никаких планов, никаких конкретных сиюминутных задач, никаких внедрений!

Эти группы поиска, или зондажа, как правило, себя не оправдывают и являются убыточными для предприятия. Но, «как правило» подразумевает и исключение. И если в результате работы такой группы фирма наткнется на исключение, конечный выигрыш с лихвой окупит все затраты. Если же нет... что ж, деятельность этой группы в финансовых отчетах будет отнесена в категорию убытков.

В капиталистическом бизнесе есть даже такое понятие — «рисковый капитал», то есть запланированные потери в расчете на возможный выигрыш.

Можно, конечно, оспаривать правомерность и применимость ко всем странам существование узаконенных «групп поиска» и «рискового капитала», можно оспаривать моральную и экономическую оправданность такого подхода. Но нельзя не согласиться с тем, что активный, не связанный обязательствами научный поиск, который подкреплен материально, — фактор научно-технического прогресса.

Поучительный аспект исторического опыта создания компьютерной томографии и персональных компьютеров — правомерность и оправданность занятий «не своим делом». Он тесно соприкасается с проблемой дилетантства в науке. Ведь не секрет, что порою ученые делают

важные открытия вдали от своих основных научных направлений, даже вдали от своей области знаний.

Оправдан ли «дилетантизм» в науке? Вопрос в конце XX века звучит странно. Как известно, одно из требований нынешней науки — предельный профессионализм. Конечно, здравый смысл дилетанта может подсказать тот или иной подход в решении какой-либо проблемы. Но, думается, серьезные научные идеи, их генерация и оформление в виде теории доступны лишь профессионалу.

Сторонники «дилетантизма» в науке обычно ссылаются на то, что Авогадро, Лавуазье, Ферма были юристами, Гельмгольц и Коперник — врачами, Джоуль — пивоваром, Вольта — учился в школе иезуитов, а Фарадей и Ампер вообще не имели специального образования, — забывая о том, что все эти ученые, прежде чем обрести научную славу, глубоко и всесторонне изучили новую для них область знаний, стали высококвалифицированными специалистами, то есть профессионалами. История открытия компьютерной томографии и создание персональных компьютеров лишь внешне выглядит как успех дилетантства в науке. На самом же деле это был огромный научный подвиг увлеченных и верящих в свою силу людей.

ТЕПЛОВИЗОР РАЗОБЛАЧАЕТ

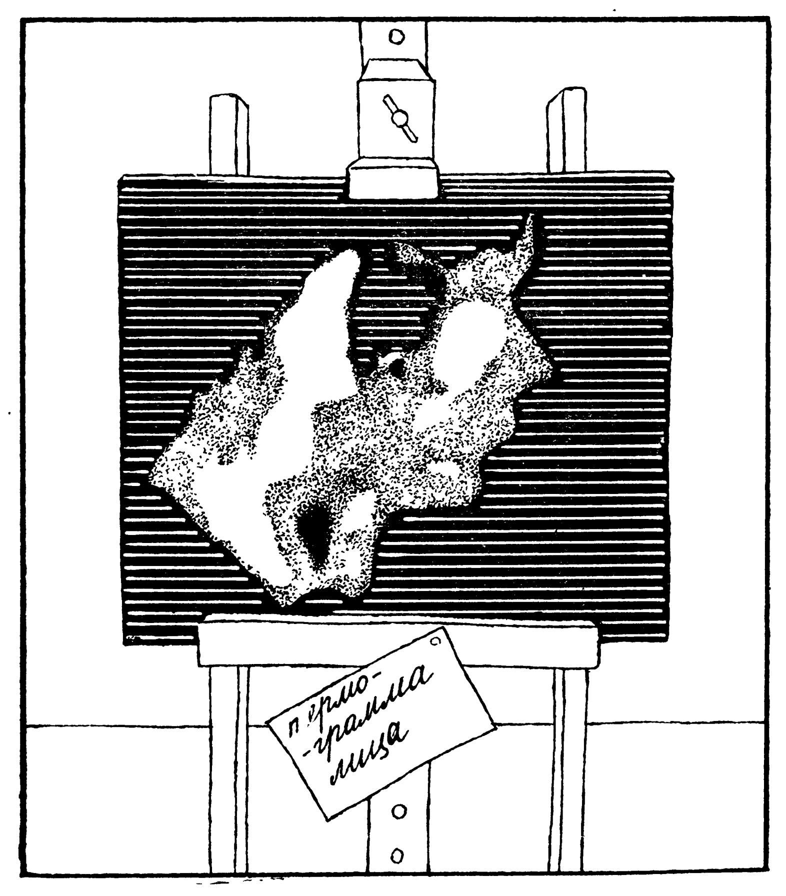
Как известно, любое физическое тело, имеющее хоть какую-нибудь температуру, отличную от абсолютного нуля, служит источником излучения тепла. И это выдает, разоблачает его секреты. Бессилен утаить свои болезни и человек, чей тепловой образ воссоздает специальный прибор — тепловизор.

Впервые клиническое значение тепловидения было подробно обосновано в 1956 году. Однако подлинный расцвет метода относится к 70-м годам, когда были созданы компьютеризированные тепловизионные системы с высокой способностью различать температуру тела человека на расстоянии.

Тепловое поле человека создается инфракрасным излучением. Последнее, как известно, является электромагнитным излучением и занимает промежуточное положение между видимым светом и радиоволнами. Инфракрасные лучи невидимы. Их можно зарегистрировать только с помощью специальных инфракрасных датчиков.

В настоящее время для изучения тепловых полей человека созданы специальные приборы тепловизоры. Это весьма недорогие и доступные для большинства больниц и поликлиник устройства. Поступающее от человека инфракрасное излучение воспринимается специальным детектором, изготовленным из сурьмянистого индия. Чтобы не мешали тепловые поля самого прибора, детектор охлаждают до низких температур в жидком азоте.

Путем механического или электронного сканирования детектор «осматривает» участок человеческого тела, преобразует падающий на него поток инфракрасного излучения в электрические сигналы. Они поступают затем в электрическую часть прибора, обрабатываются там по



специальным программам и превращаются в итоге в черно-белое или цветное изображение.

Инфракрасная фотография совсем непохожа на обычное фото. На теплограммах лица, например, наиболее яркими выглядят тепловые участки на внутренних частях глазных орбит и по краям верхней и нижней губ, другие области лица — брови, нос — выглядят темными, холодными; свою гамму тепловых полей имеют щеки, лоб, подбородок.

Тепловое фото содержит обширную информацию о состоянии организма. Человек обладает поразительной способностью сохранять температуру внутренней среды на постоянном уровне. Это осуществляется специальной системой терморегуляции, центр которой расположен у основания головного мозга.

Существуют внутренние и внешние факторы, влияющие на формирование тепловых полей человека. К внутренним факторам относится интенсивность обменных процессов в тканях, объем кровообращения и теплопроводность прилежащих тканей, к внешним факторам — конвекция, тепловая радиация и испарение.

При заболевании внутренних органов меняется уровень биологической активности тканей. Чаще всего он повышается, как, например, при опухолях или воспалении. В результате температура этого участка тела повышается. Одновременно может меняться кровоток. При опухолях и воспалении, он, как правило, повышен, что также сопровождается повышением интенсивности теплового излучения человека. Но есть большая группа болезней, при которых кровоток оказывается пониженным.

Характер тканей — очень важный формирующий тепловую картину фактор. Жировая ткань, например, проводит тепло в два раза хуже, чем кость или мышцы. Следовательно, если часть мышечной ткани будет замещена жировой, в этом участке интенсивность теплового поля понизится.

Тепловое поле человека — весьма тонкий индикатор состояния его внутренних органов. Поэтому тепловидение в медицинской диагностике стараются применять широко. Например, для локализации злокачественной опухоли, когда интенсивность теплового поля растет, особенно эффективно использовать тепловидение в комбинации с рентгенологическим методом при выявлении рака молочных желез. С помощью тепловидения можно обнаружить раковые опухоли в легких, желудке, органах

малого таза. Правда, чтобы вызвать изменение тепловых полей человека, эти опухоли должны быть достаточно большими.

Тепловидение выявляет закупорку сосудов, особенно питающих конечности. Снижение кровотока в нижних конечностях вследствие атеросклероза сосудов или эндартериита — одно из наиболее частых заболеваний. Распознать его можно, конечно, и другими методами. Но тепловидение весьма точно характеризует не только магистральный кровоток, но весь обменный процесс в конечности.

Чтобы выявить резервные возможности кровообращения, врачи проводят теплографию при различных функциональных пробах: нагревая конечности или, наоборот, охлаждая их. Можно применить физические нагрузки, например, попросить пациента несколько раз подняться на носки. Здоровые и больные сосуды по-разному реагируют на функциональные нагрузки.

Еще одно назначение тепловидения — диагностика острых заболеваний брюшной полости, например, острого холецистита или панкреатита.

С помощью тепловидения можно отыскать скрытый гнойник в теле, определить активность воспалительного поражения суставов, диагностировать тромбофлебит нижних конечностей.

Существует весьма интересная разновидность термографии — жидкокристаллическая. Она основана на свойстве некоторых жидких кристаллов, например, эфира холестерола, менять свои оптические свойства в зависимости от температуры.

При выполнении жидкокристаллической термографии врач наносит на поверхность тела больного специальный состав. В зависимости от интенсивности теплового излучения покрытая жидкостью поверхность тела раскрашивается всеми цветами радуги, сигнализируя о местоположении участков аномальной теплопродукции.

ЗА ПРЕДЕЛАМИ СЛУХА

Применять ультразвук для исследования внутренних органов медики стали уже давно, с начала 40-х годов.

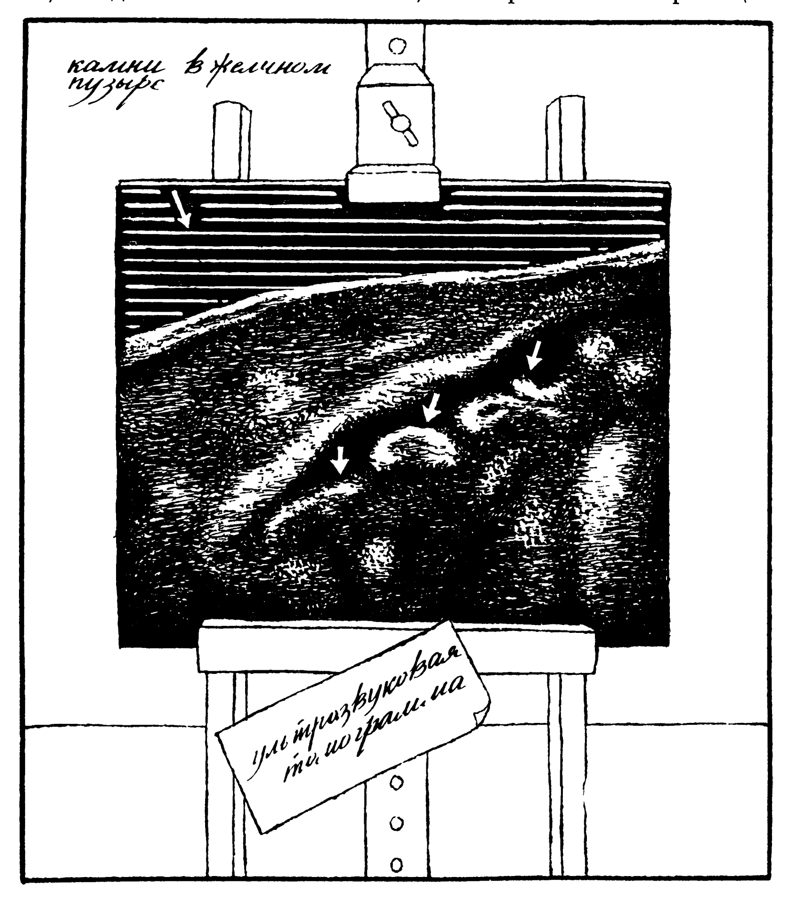
Впервые ультразвуковое обследование больного с целью выявления опухоли головного мозга произвел в 1942 году австрийский невропатолог Р. Дуссик.

Исследование органов брюшной полости началось несколько позже, с 1951 года.

Многочисленные эксперименты показали, что ультразвук, то есть звук с частотой колебаний выше одного мегагерца, обладает высокой плотностью энергии. Он способен проходить через плотные вещества, в том числе человеческое тело. При этом звуковые волны легко реагируют на малейшие изменения в структуре объекта.

Ультразвуковая волна отражается от границы двух сред с различным акустическим сопротивлением, например, крови и мозга, крови и мышц, мышц и жировой ткани, мышцы и кости и т. д.

Если на больного направить ультразвуковой сигнал, то, войдя в человеческое тело, он отразится от границы



двух сред с различным волновым сопротивлением и возвратится обратно в то же место, откуда он излучался.

Этот принцип был положен в основу ультразвуковой диагностики. Исследуемый орган подвергается воздействию направленного пучка ультразвука. Проходя через ткани человека, ультразвук встречает на своем пути препятствия в виде участка поражения, которыми являются границы органов, структурные элементы этих органов или участки поражения. Отразившись от границы двух сред, ультразвуковой луч воспринимается электронным прибором.

В качестве источника ультразвуковых колебаний и одновременно для их восприятия применяют специальные антенны. Последние представляют собой пьезоэлектрические преобразователи, изготовленные из монокристаллов кварца, сульфита лития, титана, бария и др.

Если пьезоэлемент поместить в меняющееся электрическое поле, он начинает деформироваться в соответствии с направлением и напряженностью электрического поля. Это так называемый обратный пьезоэлектрический эффект. Прямой пьезоэлектрический эффект состоит в том, что при деформации пьезоэлемента последний поляризуется, и на его поверхности появляются заряды, знак которых определяется направлением деформации, а величина — приложенным давлением.

Пьезоэлектрический элемент может служить как источником ультразвуковых колебаний, так и их воспринимающим устройством, то есть детектором.

Самый простейший ультразвуковой аппарат имеет всего один пьезоэлемент. Он посылает ультразвук в виде коротких сигналов, а в перерыве между ними воспринимает их. Итоговая информация при этом получается в виде одиночных импульсов на электронно-лучевой трубке. Расстояние между импульсами характеризует дистанцию между отражающими элементами объекта. Это Т-метод ультразвукового исследования.

Если перемещать ультразвуковой преобразователь над поверхностью тела больного или применить одновременно несколько рядом расположенных датчиков, то можно получить двухмерное изображение отражающих ультразвук неоднородностей. Это В-метод ультразвукового исследования. С его помощью можно определить объем и форму отражающих объектов, выявить ряд заболеваний. Приборы, работающие по описанному типу, называются ультразвуковыми томографами, так как они

дают, по существу, изображения поперечного сечения тканей — томограммы.

До начала 70-х годов ультразвуковая биолокация занимала относительно скромное место в медицинской диагностике. Но в 70-е годы было создано принципиально новое поколение ультразвуковых аппаратов. Вместо одноэлементных преобразователей стали применять многоэлементные. Это сразу сократило время биолокации и позволило одновременно осматривать большой участок тела.

Кроме того, в конструкцию ультразвуковых аппаратов внесли принципиальное новшество: стали использовать широкодиапазонную многоуровневую систему промежуточной памяти с последующим выводом изображения на телемонитор. Это позволило получать вместо прежнего бистабильного изображения (изображения в виде белых и черных пятен) градационное, или серошкальное, изображение с числом градаций до 8 — 16.

Для накопления сигналов и запоминания изображения стали применять компьютеры с системой цифровой памяти. Последняя позволяет не только синтезировать и хранить изображение, но и обрабатывать его по специальным программам: фильтровать, сглаживать, подчеркивать контуры, определять площадь и т. д. Применение ЭВМ увеличило число градаций тонов ультразвукового изображения до 32 — 64, то есть сделало его похожим на обычную полутоновую телевизионную картину. При этом резко возросло пространственное разрешение прибора. Подобную систему принято называть системой «серой шкалы».

Возросшая скорость регистрации и анализа ультразвуковых изображений привела к появлению ультразвуковых систем, работающих в реальном масштабе времени, то есть способных изучать структуру и функцию движущихся органов, таких, как, например, сердце или крупные сосуды.

Таким образом, современный ультразвуковой сканер — это компьютизированный серошкальный прибор, работающий в реальном масштабе времени.

Ультразвуковые сканеры по своей способности выявлять болезненные процессы несколько уступают компьютерной томографии. Однако стоит ультразвуковой аппарат, даже самый сложный, в 10 — 20 раз дешевле компьютерного томографа. Также значительно проще и дешевле его эксплуатация.

Но самое главное преимущество ультразвукового ска-

нирования в том, что оно не связано с ионизирующим излучением, то есть абсолютно безвредно. Поэтому в отличие от рентгенологического и радионуклидного методов его можно широко применять в педиатрии, акушерстве. В настоящее время ультразвуковая биолокация значительно потеснила рентгенологию и радиологию во многих областях медицины.

Пожалуй, наиболее важное значение ультразвуковая диагностика приобрела в акушерстве. С помощью ультразвукового исследования можно определить состояние плода, вычислить его размеры, изучить состояние органов брюшной полости.

Ультразвуковой метод оказался чрезвычайно эффективным в распознании камней в желчном пузыре и протоках, в почках. На ультразвуковых томограммах хорошо выявляются опухоли и кисты поджелудочной железы, яичников.

Пройдет немного времени, и ультразвуковые сканеры станут столь же привычными, какими стали для нас рентгенодиагностические аппараты.

ПОЗАИМСТВОВАНО У ХИМИКОВ

В короткой, но выразительной аббревиатуре ЯМР — кульминация медицинской интроскопии.

Теоретические основы ядерно-магнитного резонанса были разработаны и опубликованы одновременно в 1946 году американцами Ф. Блочем и Е. Перселем. Обоим ученым за эти исследования в 1952 году была присуждена Нобелевская премия.

В 1973 году английский математик П. Лаутербур создал новый тип реконструктивной томографии. В качестве источника информации о структуре объекта им был выбран ядерно-магнитный резонанс, или ЯМР.

В 1982 году на III Международном конгрессе радиологов в Париже были сделаны первые сообщения о возможности ЯМР — томографии исследовать внутренние органы человека в клинической практике.

Поскольку принципы ЯМР мало знакомы широкому читателю, остановимся на них более подробно.

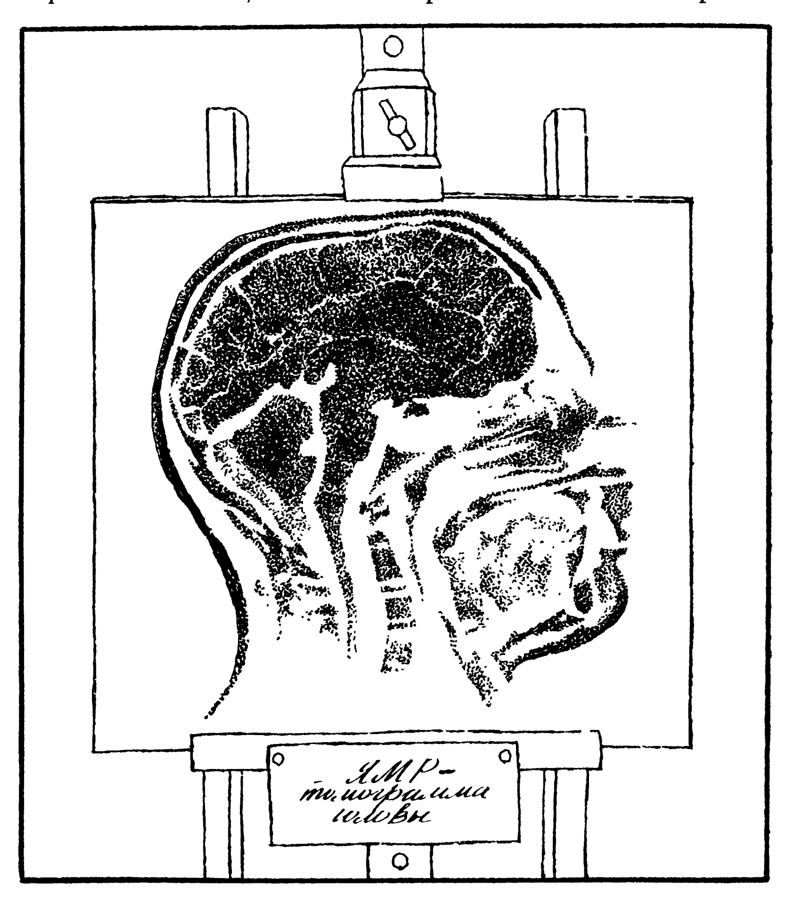
Ядра атомов всех элементов, как известно, несут положительный заряд. Если количество элементарных ядерных частиц — нейтронов или протонов — нечетное, то ядра обладают также внутренним моментом количества движений, или, как его еще называют, спином.

Такие ядра могут быть уподоблены движущемуся волчку.

Движущиеся ядра, как и любые движущиеся электрические заряды, создают вокруг себя магнитное поле. Каждое из этих ядер можно представить как маленький элементарный магнит.

В обычных условиях эти магниты ориентированы хаотически, бессистемно. Но если поместить эти ядра во внешнее магнитное поле, они моментально приобретут строго направленную ориентацию.

Если взять, например, ядра водорода — основного элемента, из которого состоит тело человека, то они в магнитном поле расположатся двояко: часть — по направлению поля, часть — в противоположном направле-



нии. Причем ядра, расположенные против поля, обладают более высоким уровнем энергии.

Сравните, например, энергию камня, лежащего на земле и приподнятого вами на уровень груди. Во втором случае энергия камня выше. Переход ядер из первого направления во второе, то есть из ориентации по полю в положение против поля, сопровождается поглощением определенной порции энергии, а обратный поворот на 180 градусов — испусканием порции энергии.

И поглощение, и испускание энергии при поворотах ядер в магнитном поле происходит в виде электромагнитных квантов. Частота их колебания невелика, порядка нескольких мегагерц, то есть соответствует радиоволнам.

Спрашивается, что произойдет с рассматриваемым веществом, если добавить к магнитному полю еще внешнее радиочастотное поле?

Поскольку большинство частиц ядер водорода расположилось по направлению поля (физики говорят, что нижний уровень энергии «заселен» ядрами больше, чем верхний), в дополнительном радиочастотном поле многие ядра повернутся против магнитного поля, то есть заселят в большей степени верхний этаж энергии. В целом это проявится как поглощение некоторого количества энергии, которое носит резонансный характер.

Но вот мы убрали радиочастотное поле, и тут же часть ядер с верхнего энергетического уровня начинает «прыгать» на нижний. Равновесие заселенности уровней немедленно восстановится. Этот процесс (он называется релаксацией) сопровождается испусканием энергии в радиочастотном диапазоне. Причем — очень важная деталь! — эта релаксация атомов и испускание энергии будут в значительной степени зависеть от окружающих ядра соседних атомов.

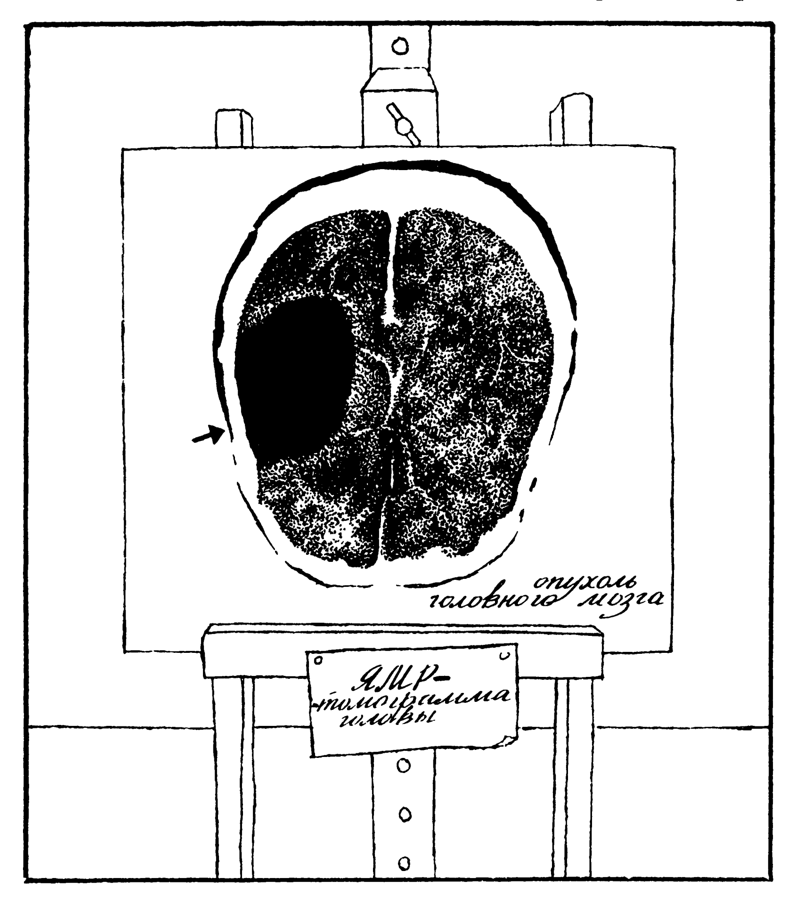
Зарегистрировав релаксационное излучение специальными приборами и тщательно его проанализировав, можно, таким образом, определить, какие же атомы окружают релаксирующие ядра водорода.

В этом, собственно говоря, и состоит суть ЯМР-анализа, или спектроскопии, которым давно уже пользуются химики. Определяя интенсивность и продолжительность релаксационного излучения, можно подробно изучить структуру молекул, химический состав вещества.

Чтобы перейти от ЯМР-спектроскопии, используемой химиками, к ЯМР-томографии, то есть визуализации,

применяемой врачами, потребовался всего один шаг. Но он таил в себе изящную и гениальную идею: поскольку характер радиочастотного сигнала, испускаемого ядрами, связан не только с характером их расположения, то есть структурой объекта, но также и величиной постоянного магнитного поля (помните? самого первого, в которое объект помещался), возникла идея: плавно менять величину магнитного поля в пространстве, что приведет к изменению резонансной частоты сигнала. Причем это изменение будет самым тесным образом связано со структурой вещества.

Электрические импульсы релаксации ядер, зарегистрированные от объекта, поступают затем в ЭВМ, которая на основании полученных данных производит ре-



конструкцию изображения, которое выводится на экран дисплея.

Итак, новый, еще только создающийся тип визуализации внутренних органов человека выглядит следующим образом.

В большой, весом несколько десятков тонн магнит помещается человек. Вдоль его тела создается дополнительное магнитное поле, которое определенным образом меняется в пространстве. Если теперь на больного направить радиочастотный луч и затем зарегистрировать ответ, на телемониторе возникнет изображение слоев исследуемого органа.

Возможности ЯМР-томографии в изучении структуры внутренних органов человека просто фантастичны. Они намного превышают все, что было раньше: и рентгеновскую компьютерную томографию, и ультразвуковое сканирование, и радионуклидную визуализацию.

ЯМР-томографии под силу анализировать и получать изображение внутренних органов, основываясь не только на их физической структуре, но и на их химических свойствах.

Более того, оказалось, что поведение одних и тех же молекул, например, воды, различно в зависимости от того, в какой ткани она находится. Было выявлено, что опухолевые ткани имеют повышенное время релаксации. Следовательно, создаются предпосылки не только для физической и химической, но и биологической дифференцировки тканей на ЯМР-томограммах.

Еще одно преимущество ЯМР-томографии по сравнению с рентгенографией состоит в том, что кости человека не являются препятствием для ЯМР-сигнала. Следовательно, при получении ЯМР-томограмм выпадает отрицательное экранизирующее значение костей. Преимущества нового метода особенно хорошо заметны при визуализации головного мозга. На ЯМР-томограммах прекрасно видны все анатомические структуры головного мозга: борозды, ядра, раздельно белое и серое вещество, мозговые желудочки и т. д. Более того, даже небольшие опухоли мозговой ткани, которые не могут быть выявлены при рентгеновской компьютерной томографии, хорошо заметны на ЯМР-томограммах. Это и понятно: время релаксации опухолевой ткани иное, чем у здоровой.

Для ЯМР-сигнала не являются препятствием и заполненные воздухом полости, например, легкие, кишеч-

ник, желудок, что имеет место при ультразвуковой биолокации.

Еще одно важное свойство ЯМР: поскольку характеристика сигнала меняется при движении жидкости, появляется возможность исследовать скорость кровотока в различных участках человеческого тела.

В середине 80-х годов появились первые сообщения о динамической ЯМР-томографии сердца. Для этого потребовалось синхронизировать работу ЯМР-томографа с электрическими сигналами, поступающими от сердца пациента. В результате были получены серии томограмм, выполненных в различные фазы сердечных сокращений.

На основании ЯМР-томографии возникло новое медицинское направление: локальная (топическая) ядерно-магнитно-резонансная спектроскопия, то есть определение химического состава тканей внутренних органов на живом человеке, не проникая через его кожные покровы! Прижизненный биохимический анализ дал возможность исследовать эффективность действия лекарственных средств на орган в целом, отдельные его части, патологически измененные участки.

Дальнейшее развитие возможностей ЯМР-томографии трудно предвидеть. Но уже сейчас можно с уверенностью сказать, что зарождающийся метод визуализации откроет принципиально новую главу в медицине.

КАК СТАВИТСЯ ДИАГНОЗ

Тысячи путей ведут к заблуждениям, к истине — только один.

Жан-Жак Руссо

Медицинская диагностика — процесс сложный и многоступенчатый. Он начинается с осмотра и беседы с больным. Затем очередь клинических, инструментальных и лабораторных исследований. Иногда для того, чтобы поставить правильный диагноз, опытному врачу достаточно лишь взглянуть на больного. В других случаях пациенту приходится пройти через многие, нередко весьма сложные, исследования.

Медицинская диагностика вызывает интерес у самых разных специалистов: врачей, инженеров, физиков, математиков, психологов, философов.

Для этого есть, по крайней мере, две причины.

Первая — в том, что возросший уровень технических возможностей позволил автоматизировать некоторые этапы диагностического процесса. На базе современного поколения ЭВМ созданы приборы, позволяющие быстро и качественно анализировать жизнедеятельность органов человека, находить в них малейшие отклонения от нормы. Уже появились автоматы, которые позволяют классифицировать изображения органов человека, выделяя две группы — норму и патологию. Широкое распространение получает автоматический анализ электрических сигналов человеческого организма: электрокардиография, электроэнцефалография и др.

Таким образом, в диагностическом процессе, который в течение многих веков был лишь уделом врачей, достоянием медицинской области знаний, все большее значение приобретают технические решения.

Вторая причина повышенного интереса к медицинской диагностике математиков, физиков, кибернетиков и других специалистов — стремление понять мыслительные процессы, благодаря которым осуществляется постановка диагноза. Ведь изучив эти процессы и познав их закономерности, можно попытаться управлять ими.

А значит, сделать диагностику более точной, быстрой и экономной.

Центральная проблема, интересующая сейчас различных специалистов, — это сам врач как человек, принимающий решения.

Медицинская диагностика как логический процесс имеет, по крайней мере, одну принципиальную особенность. Он носит вероятностный характер.

Встречаясь с больным и обследуя его, дабы выявить признаки болезни, врач сталкивается с массой симптомов, числовых и качественных данных, характеризующих состояние организма. Частота пульса, величина артериального давления, окраска кожных покровов, количество кровяных шариков в крови, результаты радионуклидного обследования органов — эти и многие другие показатели дают врачу богатую пищу для размышлений. Сопоставляя и изучая их, он и делает вывод, здоров или болен человек, а если болен, то чем.

Но болезнь — даже одна и та же — многолика. У разных людей она протекает по-разному. И зависит это от многих, порою непредсказуемых факторов: состояния организма, агрессивности болезнетворных микробов, фазы и стадии заболевания. Учесть все это бывает не под силу даже самому опытному клиницисту.

Есть у медицинской диагностики и другое коварное свойство — схожесть симптомов различных болезней. Желтушность кожных покровов, например, может быть и признаком относительно безобидного заболевания и симптомом запущенной раковой опухоли.

Таким образом, врач, принимая то или иное диагностическое решение, всегда оказывается в ситуации выбора. Поэтому медицинская диагностика всегда носит вероятностный характер. Другими словами, врачебное заключение о характере болезни всегда неопределенно по своей сущности.

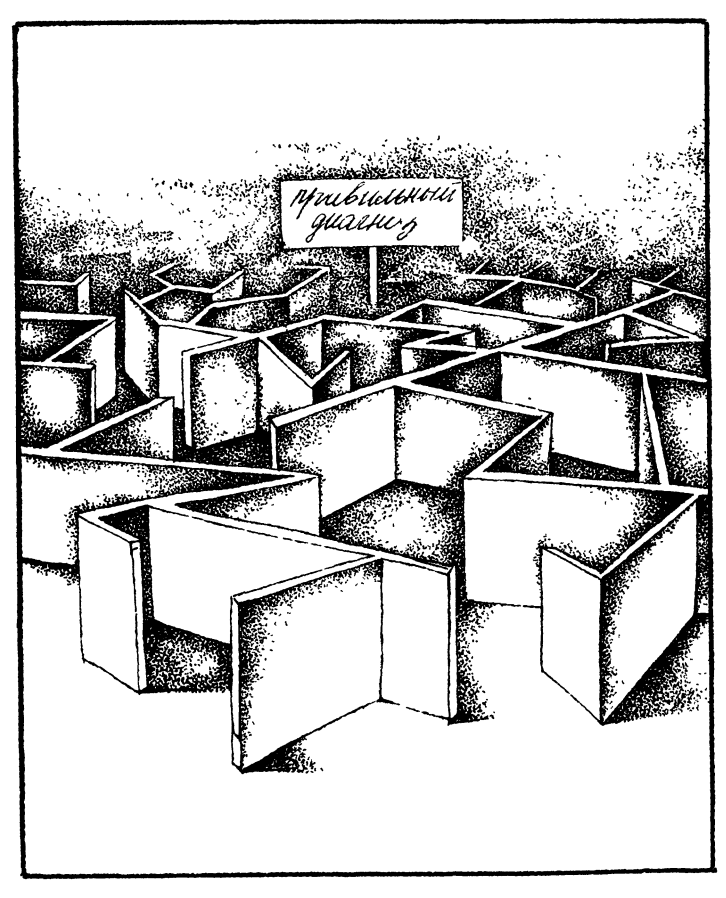
Это принципиальное положение о неопределенности медицинской диагностики не должно, однако, нас огорчать и тем более пугать. Ведь степень неопределенности диагноза, как правило, невелика. Она тем меньше, чем опытнее врач и чем большим количеством данных о больном он располагает. Правда, иметь избыточные сведения тоже плохо. Принять правильное решение в условиях информационной перегрузки так же трудно, как и при ее недостатке.

Для более полной характеристики субъективной меры

вероятности ученые предложили характеризовать ее условным числом — от 0 до 1. Это степень уверенности некоего идеализированного субъекта в истинности какого-либо утверждения. Если это число равно 1 — уверенность в правильном диагнозе полная, что бывает, между прочим, весьма редко. Если число равно 0,5 — диагноз верен лишь наполовину, или, как говорят американцы, «фифти-фифти».

В последние годы разработана довольно стройная научная система оценки вероятности диагностики. Она основана на формуле Байеса, дающей количественную меру неопределенности того или иного события.

В упрощенном виде это выглядит так. Сначала врач выделяет проблемную ситуацию, то есть клиническую



картину болезни вкупе с данными инструментальных, лабораторных, вспомогательных исследований. Затем выдвигает разные варианты решения (гипотезы) этой проблемной ситуации, гипотезы диагноза. Дальнейший этап — оценка или контроль выдвинутых гипотез. В конце концов врач выбирает тот диагноз, который, по его мнению, наиболее точно соответствует истинному состоянию больного.

Но ведь и врачи отнюдь неодинаковы по характеру мышления, по уровню интеллекта.

Психологи сгруппировали всех врачей, принимающих решения, в частности ставящих диагноз, следующим образом.

Первая группа — врач с импульсным характером принятия решений. Предположение о характере болезни выдвигается им без должного контроля, нередко «по наитию» (не по интуиции, это другой разговор!). Подобная «смелость» в диагностике нередко приводит к печальным последствиям для больного, ибо врачи этого типа часто ошибаются.

Вторая группа врачей склонна к известному риску. Обычно они решительны и смелы, склонны к так называемой гипердиагностике, постановке заболевания там, где его в действительности нет. Ошибки у этой группы врачей встречаются реже, чем у врачей первой группы, но и они могут причинить немало неприятностей.

Третья группа — можно сказать, идеальная: выдвижение гипотез и их контроль у этих врачей сбалансированы.

Четвертая группа — «осторожные» врачи. У них контроль подавляет выдвижение гипотез.

И, наконец, пятая группа — «инертные» врачи. Гипотезы выдвигают медленно и неуверенно, склонны преуменьшить значимость тех или иных признаков заболеваний. Эффективность диагностики у них чрезвычайно низка.

По понятным причинам, лучше всего обратиться к врачу третьей, сбалансированной группы и уж, как говорится, «не дай бог» попасть на прием к чересчур «смелому» (первая группа) или, наоборот, крайне осторожному, инертному (пятая группа) врачу.

Однако успокоим читателя. Во-первых, людей, в том числе и медиков, относимых к крайним группам, чрезвычайно мало. Во-вторых, диагностика заболеваний — процесс во врачебной среде в подавляющем большинстве кол-

лективный. В постановке диагноза, как правило, участвуют сразу несколько врачей — ординаторы, заведующие отделениями, консультанты и др. Это сглаживает противоречивые тенденции в принятии диагностических решений и способствует установлению оптимального взаимоотношения принятия гипотез и их контроля.

ПРЕДЕЛЫ БДИТЕЛЬНОСТИ

В кибернетике существует раздел — статистическая теория связи. Предметом этой теории является изучение закономерностей передачи информации.

С позиции психологии можно рассматривать врача как канал связи с ограниченной пропускной способностью. Ограничение пропускной способности человека к приему информации связано главным образом со следующими обстоятельствами.

Человек не может запомнить и воспроизвести после кратковременного показа более пяти-семи не связанных между собой объектов. Эта емкость так называемой оперативной памяти накладывает жесткие ограничения на информационный выход любых диагностических систем, в том числе относящихся к радионуклидным исследованиям.

Человеку, и врачу в том числе, присуща сугубая избирательность внимания. Он не может в равной степени и с одинаковой эффективностью наблюдать два различных действия, одновременно воспринимать два различных сообщения.

Не может он и длительно, с одинаковой бдительностью наблюдать за объектом изучения. Этот феномен носит название колебания внимания.

Еще одна особенность «врачебного канала связи» — наличие рефракторного периода, то есть «мертвого» времени невосприимчивости быстро следующих друг за другом порций информации.

Все эти особенности человека как канала связи имеют самое непосредственное отношение к медицинской диагностике.

Когда врач имеет дело с большим числом заболеваний и диагностических гипотез, он неизменно попадает в ситуацию выбора. В таких случаях справедливым оказывается правило, установленное еще в XIX веке: скорость реакции в ситуации выбора зависит от логарифма стимулов.

При этом внимание врача можно уподобить фильтру, который отбирает поступающую информацию по принципу «все или ничего». Этот фильтр установлен на входе центрального канала — непосредственной памяти, пропускная способность которой, увы, весьма ограничена.

С точки зрения психологии восприятия, память врача представляет собой сложную систему. В ней можно выделить три последовательных блока. Первый — это сенсорный регистр, или очень короткая зрительная, так называемая «иконографическая» память.

Далее следует первичная память, иными словами, кратковременная память с ограниченным объемом. И наконец, замыкает систему вторичная память, то есть долговременная семантическая память с большим объемом пассивно сохраняемой информации.

Нетрудно заметить, что подобная многокомпонентная модель запоминания в общих чертах повторяет устройство рассмотренного ранее диагностического комплекса гамма-камеры с ЭВМ, предназначенного для радионуклидной визуализации органов человека. Сенсорный регистр — это сама гамма-камера, первичная память имеет своим аналогом оперативное запоминающее устройство компьютера, а вторичная память — это внешняя память ЭВМ.

НАСКОЛЬКО ЧУВСТВИТЕЛЬНЫ НАШИ ОРГАНЫ ЧУВСТВ?

Диагноз заболевания ставится на основании признаков болезни, ее симптомов. Но ведь их нужно обнаружить. Каковы в этом отношении возможности врача, его органов чувств? Речь идет, разумеется, о способности врача как непосредственно воспринимать ту или иную картину (например, анализировать изображение печени на экране дисплея), так и обнаруживать отдельные симптомы (например, улавливать посторонние шумы сердца или определять состояние органа при ощупывании больного).

Здесь нужно ответить, по крайней мере, на два вопроса.

Первый: какова минимальная, впервые обнаруживаемая интенсивность раздражителя, которую может зафиксировать врач (минимальная желтушность кожи, яркость свечения патологических участков органа в изображении

его на экране дисплея, минимальное отклонение приборов в системах слежения за больным и т. д.)?

Второй вопрос: почему некоторые симптомы, признаки болезней врач не замечает?

Как известно, разные органы чувств различные раздражители воспринимают неодинаково. Правда, возможности человека достаточно велики. Он способен, например, привыкнув к темноте, уловить всего 7 квантов света!

Прибавь природа чуть-чуть чувствительности глазу, и мы смогли бы наблюдать особого рода эффекты, например, видеть прерывисто-постоянный поток света или наблюдать химические процессы в самом глазе.

Удивителен по своей чувствительности и наш слуховой анализатор. Будь он немного чувствительней, мы воспринимали бы удары молекул по барабанной перепонке.

Английские исследователи Дж. Кимбл и Н. Джармези приводят факты поистине удивительной восприимчивости наших органов чувств. Темной ясной ночью человек способен увидеть пламя зажженной свечи на расстоянии 45,7 километра, услышать тиканье наручных часов в тихой комнате на расстоянии 6,1 метра, почувствовать вкус 28,3 грамма гуанина сульфата, растворенного в 1136,5 литра воды, определить наличие 0,001 грамма ароматического вещества в шестикомнатной квартире, ощутить «удар» перышка, упавшего на щеку с высоты одного сантиметра.

И тем не менее врач, имея столь мощный арсенал воспринимающих средств, порою бессилен в выявлении и оценке симптомов заболевания? То есть проходит мимо, казалось бы, очевидных признаков болезни?

Врач целенаправленно ищет патологические отклонения в структуре и функции изучаемых органов. Эти патологические отклонения проявляются в виде определенных сигналов, или стимулов, на фоне нормального изображения органов или нормальных показателей их функции.

Чем сильнее расстроена функция органа или нарушена его структура, тем заметнее сигнал, тем легче увидеть болезненное состояние. И наоборот, меньшие патологические изменения в органах сообщают менее интенсивный сигнал и, следовательно, их труднее обнаружить врачу.

СМОТРЕТЬ И ВИДЕТЬ

Каковы те минимальные болезненные изменения в органах человека, которые можно выявить с помощью радионуклидных исследований? И еще один вопрос: все ли врачи одинаково различают минимальные сигналы?

Вот врачу в течение фиксированного отрезка времени предлагается опознать какое-либо явление: радионуклидное изображение органа, серию электрических сигналов и др.

В этих явлениях присутствуют два типа сигналов: полезные, которые несут информацию о больном — назовем их просто «сигналы» — и помехи — «шумы».

Итак, перед врачом-наблюдателем альтернатива: либо это сигнал, либо — шум.

После каждого наблюдения врач утверждает: «Да, сигнал есть» или «сигнала нет», а в другом варианте: «Радионуклидная картина органа нормальная» или «Имеется поражение органа».

Полученные в результате эксперимента данные тщательно регистрируются и затем анализируются. В результате оценивается способность врача обнаруживать наименьшие болезненные изменения в органах, чувствительность аппаратов для радионуклидной диагностики и даже критерии, которыми пользуется врач, различая норму и патологию.

Врачи, как и все люди, могут быть решительными и осторожными, склонными к риску и инертными. Чтобы отнести их к тому или иному типу, часто довольствуются личными, то есть субъективными впечатлениями. Статистическая теория обнаружения сигнала позволяет это сделать объективно на основании точно выверенных научных данных.

С этой целью прежде всего составляется «матрица решений». Если внимательно проанализировать ситуацию, то нетрудно понять, что в процессе проводимого эксперимента может существовать всего четыре варианта «исхода»:

1. Сигнал есть — ответ положительный. Назовем такой исход попаданием.

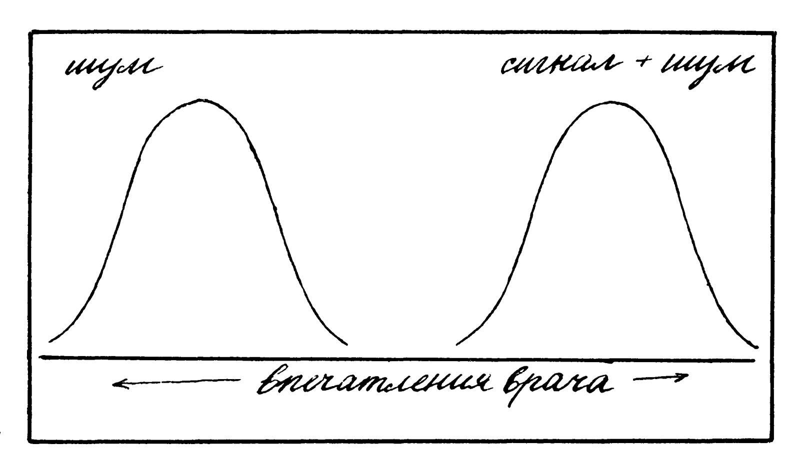
2. Сигнал есть — ответ отрицательный. Такой исход будем считать пропуском или ложноотрицательной ошибкой.

3. Сигнала нет — ответ отрицательный. Такой исход назовем отказом.

4. Сигнала нет — ответ положительный. Исход — ложная тревога или ложноположительная ошибка.

Итак, в ходе эксперимента врач может либо правильно увидеть болезненные изменения, либо правильно их исключить. К сожалению, возможны и ошибки — ложноположительные, при которых врач говорит о наличии болезненных изменений там, где их в действительности нет. Ошибки другого рода — ложноотрицательные, то есть такие, когда врач пропускает болезнь.

Предлагаемый рисунок позволяет наглядно представить себе, в каких взаимоотношениях находится врач со своими диагнозами.

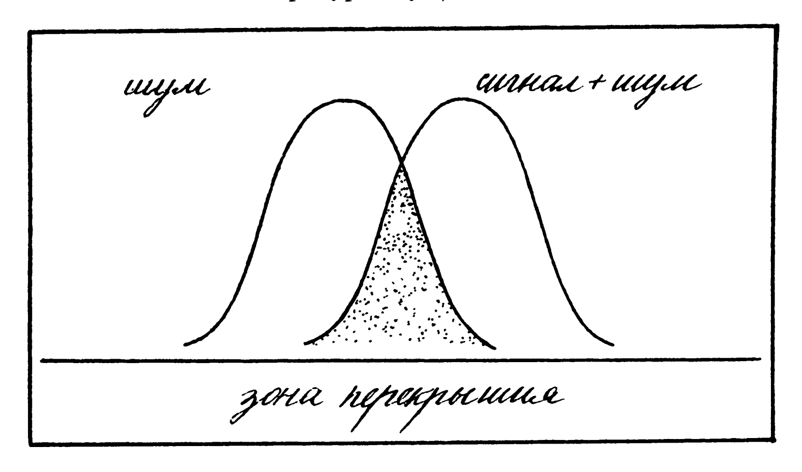


Левая кривая на рисунке — это графическое изображение совокупности шумовых сигналов, или просто «шум». Он вызван помехами в аппаратуре, статистическими флюктуациями, несовершенством наших органов чувств, воспринимающих сигналы.

На этом шумовом фоне проявляются признаки заболеваний, которые образуют в совокупности с шумом вторую, правую кривую. Анализируя совокупность «сигнал плюс шум», врач устанавливает диагноз заболевания. Как мы видим, отличить полезные диагностические сигналы, смешанные с шумовыми, от чистого шума нетрудно.

Подобные взаимоотношения выглядят иначе, если чувствительность аппаратуры невысока, либо чрезмерно слаб сам сигнал. Сходная ситуация возникает, когда сигнал достаточно интенсивен, аппаратура хорошо его ото-

бражает, а вот врач, увы, не способен правильно увидеть или осмыслить создаваемую ситуацию. В таких случаях оба распределения — «шум» и «сигнал + шум» — наслаиваются друг на друга. При этом возникает зона перекрытия, когда врач находится в состоянии неопределенности: то ли в аппаратуре шум, то ли сигнал.



Таким образом: статистическая теория обнаружения сигнала дает объективные критерии для определения чувствительности аппаратуры и возможности распознавания врачом сигналов или, что то же самое, признаков различных заболеваний.

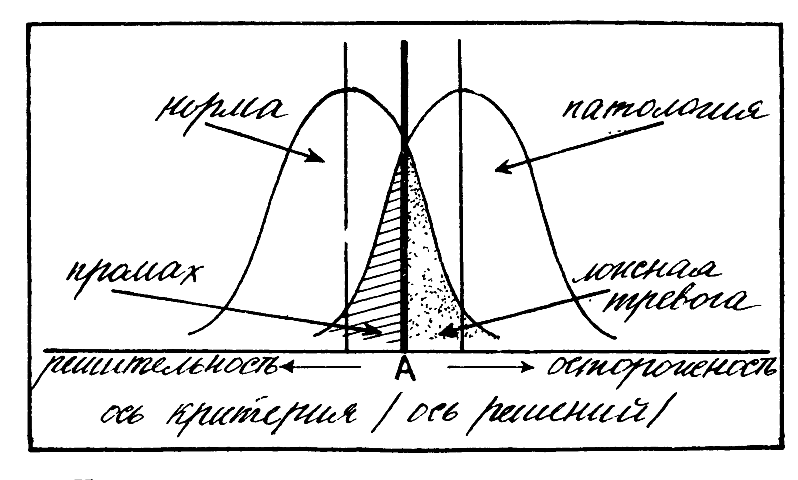
КАК ОПРЕДЕЛИТЬ ХАРАКТЕР ВРАЧА

Как же определить личностные свойства врача, его способность ставить диагноз, то есть установить, к какому типу он относится: решительному, осторожному и т. д.?

Для этого проводится такой эксперимент. Подбирают серию наблюдений над больными с заранее известными и точно выверенными диагнозами, например, серию из 100 фотографий — радионуклидных сцинтиграмм печени, половина из которых — норма, другая половина — со слабо выраженными признаками какого-либо заболевания, например, опухоли печени.

Врачу предъявляют для опознания в случайном порядке все 100 картинок. Тогда плотность распределения будет выглядеть так.

Как мы видим, норма и патология слегка наложились друг на друга. Какая-то часть изображений печени была оценена ошибочно: врач ответил да, признак болезни есть, когда ему предъявляли норму, или наоборот, ответил отрицательно, когда показали патологию. Напомним, что ошибки первого типа мы условились называть ложной тревогой, ошибки второго рода — пропуском.



И вот теперь мы подходим к кульминации эксперимента! Где, в каком месте на линии впечатлений расположится «ось критерия» или «ось решений»? В идеальном варианте это будет посредине — показано жирной вертикальной линией «А». Это, так сказать, оптимальный тип врача. Он принимает взвешенные и обдуманные решения, правильно соразмеряя риск ложной тревоги и отрицательные последствия недооценки симптомов.

Влево от оптимальной черты окажется «ось решения» смелого, решительного врача. Он чаще принимает правильные решения, но одновременно и чаще допускает ложные тревоги. Зато у такого врача сравнительно небольшое количество промахов или пропусков заболеваний.

Справа от оптимальной оси расположилась ось решений осторожного врача. Тот принимает решения с подстраховкой «на всякий случай». И как результат — меньшее количество правильных заключений, меньшее количество ложных тревог, но большее число промахов, то есть пропусков заболевания.

Два крайних варианта оси критерия — инертный и

неосмотрительный — находятся у опасной черты. Врачи первого варианта слишком осторожны, а второго — слишком решительны.

Расположение «оси решений», или «оси критерия», среди двух распределений — это объективное отражение личностных свойств человека.

Замечено, что люди пожилого возраста осмотрительнее молодых. У них ось критерия сдвинута вправо. На положение оси оказывает влияние и характер работы врача. Специалист, работающий в хирургической клинике, имеет более решительный характер. Его ось решений находится влево от оптимума. У врача-терапевта ось критерия, как правило, всегда чуть-чуть справа от оптимума.

Ось критерия можно изменить и произвольно, настроив себя на то или иное решение: быть более решительным, «ничего не пропустить», — и тогда ось уйдет влево, или, наоборот, проявить максимум осторожности, взяв за жизненный принцип «как бы чего не вышло», тогда ось решения окажется справа от оптимума.

Статистическая теория решений показывает, что за предвзятость в оценке диагностических данных, как и вообще за любую предвзятую оценку в жизни, приходится расплачиваться: либо ложными тревогами, либо упущенными возможностями, быть слишком решительным так же плохо, как и слишком осторожным. Лучше всего придерживаться зоны «золотой середины».

КАК ВЫБРАТЬ ЛУЧШЕЕ ИЗ ХОРОШЕГО

Мы познакомились со многими методами диагностики. Но как из них выбрать необходимый, особенно если информативность их не уступает друг другу. Естественно отдать предпочтение методу более простому, щадящему, дешевому и не связанному с облучением. Но всегда ли так уверенно можно сориентироваться в сложной ситуации выбора?

В медицине очень часто создаются и развиваются несколько методов диагностики, подчиненных одной и той же задаче. Например, выявить камни в почках можно с помощью рентгенологического и ультразвукового исследований, определить опухоль в легком — рентгенологическим и радионуклидным методами.

Иногда возникает проблема дать сравнительную оценку различным модификациям одного и того же метода

исследования. Например, получить изображение инфаркта миокарда с помощью одного и того же радионуклидного метода, но используя различные радиофармпрепараты: радиоактивный таллий, меченые дифосфонат и пирофосфат.

Какой из методов более информативен? Какому из них отдать предпочтение в той или иной клинической ситуации? Вопросы, как мы видим, далеко не праздные, ответы на них должны быть научно аргументированы.

Самый простой подход к решению этой проблемы — сравнить диагностическую эффективность нескольких методов в выявлении одного и того же заболевания. Например, сопоставить, как часто выявляются опухоли легких на радионуклидных сцинтиграммах и рентгенограммах. При этом логический ход прост и очевиден: тот метод лучше, при котором опухоль выявляется чаще.

Но, к сожалению, эта простота кажущаяся. Дело в том, что не всегда удается одинаково оценить одну и ту же рентгенограмму или сцинтиграмму. Если признаки заболевания слабо выражены или они схожи с признаками других болезней, а это встречается в жизни весьма часто, дать однозначную оценку результатам исследования невозможно. Начальные проявления рака легкого, например, могут весьма напоминать пневмонию или туберкулез. Одинаковую сцинтиграфическую картину печени могут дать сразу несколько заболеваний: эхинококковые кисты, цирроз, метастазы злокачественной опухоли. Надо ли пояснять, сколь важна в таких случаях научно аргументированная сравнительная оценка?

Итак, фундаментальная задача медицинской диагностики: найти способ, позволяющий объективно оценить, какой из конкурирующих методов дает лучшие результаты в постановке диагноза.

Отметим, что это проблема не только медицинская. Аналогичные задачи часто возникают во многих разделах науки и техники. Так, важно иметь сравнительную оценку различных систем изображения в астрономии, физике, электронно-вычислительной технике. Особенно важно это при оценке работы радиолокационных систем, управляющих полетом самолетов, когда от того, насколько уверенно и стабильно обнаруживает диспетчер сигнал на экране монитора, зависит жизнь многих десятков, а то и сотен людей.

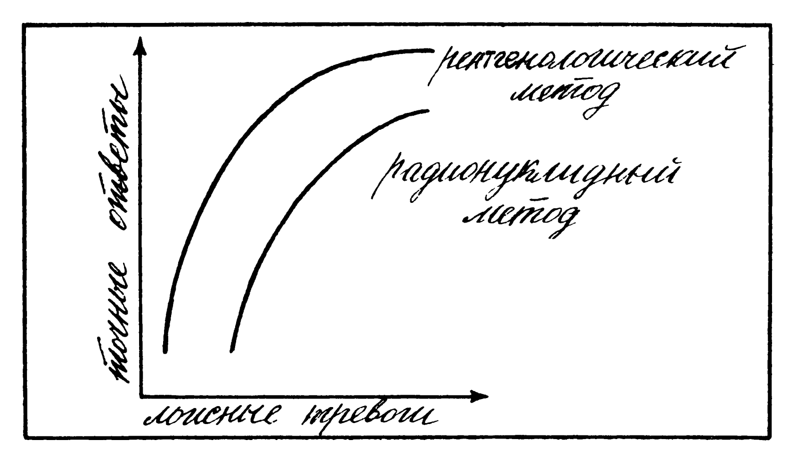
Теория принятия решений дает в руки ученых объ-

ективный метод сравнительной оценки различных систем изображений, применяемых в медицине. Вкратце суть метода такова.

Врачу предъявляют для экспертной оценки серии изображений какого-либо органа, полученных испытуемыми методами исследования. В каждой серии часть изображений является нормальными, другая часть содержит малозаметные признаки заболевания. Степень выраженности этих признаков столь незначительна, что отличить их на фоне нормального изображения органа очень трудно.

Вследствие этого ответы врача при предъявлении ему очередной картинки с изображением органа классифицируют в следующие группы: «заболевание точно есть», «заболевание, возможно, имеется», «ничего нельзя сказать определенного», «заболевания, возможно, нет», «заболевания точно нет». Таким образом, данный метод наряду с категоричными утверждениями типа «да — нет» представляет врачу более широкий простор для индивидуальной оценки изображения.

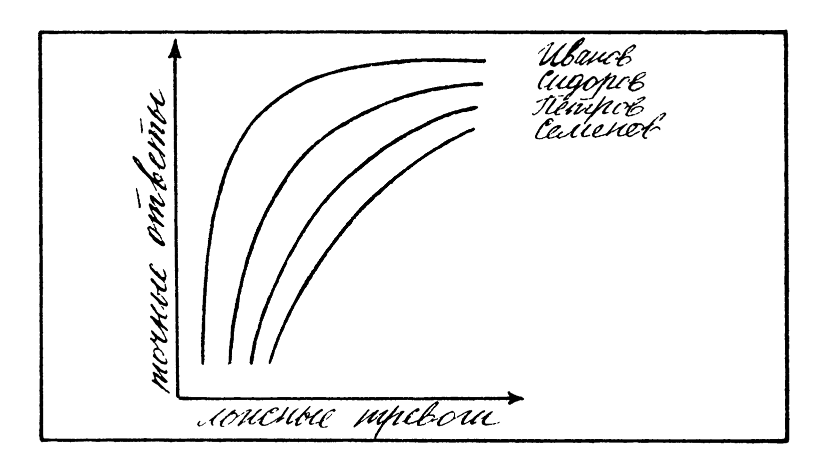
Когда произведена оценка серий изображений, полученных всеми испытуемыми методами, приступают к составлению специальных таблиц, на основе которых затем строят кривые. Полученные кривые (их часто еще называют «рабочими операционными кривыми», или РОК-кривыми, а весь метод в целом РОК-анализом) позволяют определить, какой из методов более точен при определении минимальных признаков заболеваний.



В представленном рисунке сравниваются два метода исследования, рентгенологический и радионуклидный, по выявлению начальных признаков раковой опухоли легких. РОК-кривые этих методов располагаются в верхней левой части квадрата, на сторонах которого отложены частота точных ответов врача и ложных тревог.

Чем ближе расположена РОК-кривая к верхнему левому углу квадрата, тем чувствительнее метод. В нашем примере рентгенологический оказался более чувствительным, чем радионуклидный.

Аналогичным образом может быть сопоставлена диагностическая эффективность различных радиофармпрепаратов, приборов, средств обработки информации, дисплеев, различных носителей изображения и т. п., словом, всех способов исследования человека, выполняемых в процессе диагностики болезни.



РОК-анализ позволяет провести еще один очень интересный, но чрезвычайно щепетильный эксперимент по выявлению того или иного заболевания — сопоставить квалификацию нескольких врачей. С этой целью заранее известный и точно выверенный массив данных, например 100 сцинтиграмм скелета, часть из них содержит слабо выраженные признаки заболеваний, предъявляют в случайной последовательности испытуемым врачам.

На основании полученных результатов экспертных оценок строятся РОК-кривые.

По месту расположения РОК-кривой в квадрате мож-

но в общих чертах судить, насколько точно определяет врач незначительные патологические изменения.

В данном случае мы видим, что Иванов лучше выявляет признаки болезни, чем Сидоров, а последний — лучше, чем Петров. И уж совсем неважные дела у врача Семенова.

Конечно, описываемый метод позволяет сопоставить не столько квалификацию врачей, сколько меру их сенсорных возможностей, но тем не менее общее представление о способностях выявлять незначительные признаки заболеваний получается достаточно объективным.

Более подробный анализ РОК-кривых позволяет дать ответ еще на ряд весьма интересных вопросов, касающихся личности испытуемого врача. Например, насколько сбалансированы у него чувство ответственности и решительность. Какова его априорная оценка вероятности заболевания.

МОЖЕТ ЛИ ЭВМ ПОСТАВИТЬ ДИАГНОЗ!

Обсуждение проблемы «думающих ЭВМ» перекочевало со страниц научно-фантастической и популярной литературы в специальные научные издания в начале 70-х годов, когда появилось новое поколение электронно-вычислительной техники — супер-ЭВМ. Это сверхмощные вычислительные системы, отличающиеся сверхвысокой производительностью.

В 1984 году была достигнута рекордная скорость производительности ЭВМ — 800 миллионов операций в секунду! К концу 80-х годов по прогнозам японских ученых быстродействие супер-ЭВМ возрастет до десятков миллиардов операций в секунду.

Подобная фантастическая скорость работы ЭВМ выдвинула на повестку дня вопросы моделирования мыслительных процессов человека, создания «интеллектуальных автоматов», способных принимать разумные решения.

Активно стала обсуждаться идея искусственного интеллекта. Но когда обратились к изучению нового, оказалось, что нет достаточно четкого представления о старом. В частности, неясно, что понимать под самим термином «интеллект».

Психологи крайне осторожно подходят к определению этого понятия. Для них интеллект — это то, что оценивается в интеллектуальных тестах. С этой целью были

составлены сложные и весьма емкие программы по проверке уровня интеллектуальности. По мнению английского ученого, специалиста по «искусственному интеллекту» А. Эндрю, интеллект — это способность правильно реагировать на новую ситуацию.

Попытка перенести понятие интеллекта на вычислительные машины неизменно наталкивается на большие трудности. Не вдаваясь в сложные философские споры, отметим, что искусственный интеллект — не синоним искусственного разума. Искусственный интеллект — это направление в науке, изучающее проблемы переработки смысловой информации с помощью ЭВМ.

Принципиальное отличие искусственного интеллекта



ЭВМ состоит в отсутствии способности к предсказанию, то есть формированию цели. В то же время отдельные механизмы принятия решения, в том числе касающиеся медицинской диагностики, могут быть близкими по характеру.

Попытки смоделировать на машине нейрофизиологические процессы, протекающие в мозге человека при принятии диагностического решения, неизбежно встречают непреодолимый физический барьер. Простой математический расчет показывает, что миллионы нейронов — клеток головного мозга — в интеллектуальной деятельности человека обладают бесчисленным количеством степеней свободы. Если попытаться представить их в общем виде для всего головного мозга, то для записи такого числа потребуется лента длиною 9,5 миллиона километров! Понятно, что никакая, даже самая мощная современная (и прогнозируемая) супер-ЭВМ не в состоянии «просчитать» подобные варианты.

При создании «мыслящих машин» ученые идут не по пути имитации нейрофизиологических процессов в головном мозге, а путем моделирования механизмов принятия решений. Пока, к сожалению, реальных ЭВМ, способных заменить клиническое мышление врача, не создано. Не предвидится их и в обозримом будущем. Стало быть, медицинский диагноз — прерогатива человека, врача.

Однако есть другой интересный аспект, который сулит нам определенный выигрыш в борьбе за точность диагностики, ее экономичность и доступность. Речь идет о возможности «научить» машины распознавать изображение органов человека, а распознав — классифицировать их по группам, сначала разделять на «норму» и «патологию», а затем и более тщательно — по отдельным заболеваниям. На этом направлении уже получены определенные положительные результаты.

В научной проблеме «искусственный интеллект» имеется важное ответвление — система распознания образов. Это особый тип искусственного интеллекта. Ввод и вывод данных в таких системах чаще всего осуществляется в текстовом или цифровом виде.

Всем хорошо знакомы почтовые конверты с трафаретом из пунктирных линий, где записывается индекс почтового отделения связи, обслуживающего адресат. Написанные стилизованные цифры прочитывают ЭВМ, установленные в сортировочном пункте, и далее письма отправляются в нужном направлении. Созданы машины,

читающие тексты, напечатанные типографским шрифтом или написанные от руки, но обязательно печатными стилизованными буквами.

Дальнейшим развитием автоматического распознавания образов является анализ сцен или опознание контурных рисунков, чертежей, схем. В последние годы появились ЭВМ, способные анализировать текстурные, то есть полутоновые изображения. Именно таким образом выглядят внутренние органы человека на радионуклидных сцинтиграммах, рентгенограммах, ультразвуковых и компьютерных томограммах.

Идея метода автоматического анализа текстурных изображений подробно разработана советским радиологом Ю. Касаткиным и вкратце сводится к следующему. Все изображение органа разбивается на мельчайшие зерна, или пиксели. Каждому пикселю отводится своя ячейка в памяти ЭВМ. Затем по определенным алгоритмам начинают обрабатывать весь массив изображения.

Например, можно подсчитать число зерен в изображении органа, определить их диаметр, площадь, периметр, яркость, однородность и т. д. Связывая между собой характеристики зерен на отдельных участках изображения органа, можно получить его обобщенную характеристику.

Чтобы «научить» машину отличать норму от патологии, первоначально подбирают две серии изображений, или два массива — обучающий и контрольный. Последний представлен серией из нескольких десятков нормальных сцинтиграмм органа, на который настраивается программа ЭВМ. Обучающий массив представлен набором сцинтиграмм этого же органа, но с различной патологией. Предлагая на «опознание» машине сначала контрольную серию, а затем обучающую, врач вкладывает в машину способность классифицировать изображение.

Так уже созданы и апробированы в клинической практике ЭВМ, которые позволяют автоматически рассортировать радионуклидные сцинтиграммы печени на три группы: норма, диффузное поражение, очаговое поражение. Созданы ЭВМ, сортирующие флюорограммы на норму и патологию. Аналогичные программы разработаны и для других органов: почек, поджелудочной железы, головного мозга, скелета. Понятно, что автоматическое распознавание образов ни в коей степени не заменит врача, оно станет лишь вспомогательным, облегчающим диагностику приемом.

ВМЕСТО ЭПИЛОГА

Известный американский писатель-фантаст Р. Бредбери в «Марсианской хронике» поведал миру грустную историю о добром и отзывчивом существе.

Это существо, подстраиваясь под самые несхожие вкусы и требования людей, становилось тем, чем хотели видеть его люди. И в конце концов погибло, не выдержав напора человеческих прихотей.

Когда мы рассматриваем медицинскую диагностику с позиций современного научно-технического прогресса, невольно приходит мысль, не погубит ли стремительно возрастающее число новых инструментальных методик основное богатство врача — его клиническое мышление.

Ведь все-таки, что там ни говори, — больного лечит доктор, а не машина. Даже одно человеческое общение врача с пациентом может облегчить страдание больного.

Современный медик вооружен тщательно разработанными инструментальными методами обследования, но его «вечное» оружие, которое никак нельзя недооценивать, — опыт и интуиция. Часто именно они определяют конечный вывод, притом нередко вопреки данным самых изощренных методов инструментальных исследований.

В этом суть творческой работы врача, причина притягательной силы медицины настоящего, прошлого и будущего.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Адаптация — процесс приспособления организма к изменившимся условиям существования.

Адаптационный синдром — реакция организма на воздействие внешних факторов.

Аллерген — вещество, способное вызывать аллергию.

Аллергия — состояние повышенной чувствительности организма к повторным воздействиям каких-либо веществ или к отдельным компонентам собственных тканей.

Альфа-фетопротеины — белки, вырабатываемые клетками печени зародыша; иногда присутствуют в крови взрослого человека.

Альфа-частица — ядро атома гелия, состоящее из двух протонов и двух нейтронов.

Ангиокардиография — рентгенологическое исследование сердца и магистральных сосудов после введения в кровеносное русло контрастного вещества.

Ангиосцинтиграфия — радионуклидное исследование сосудов после введения в них радиофармпрепарата.

Анемия — болезненное состояние, характеризующееся уменьшением количества эритроцитов и (или) гемоглобина.

Анемия гемолитическая — общее название анемий, развивающихся вследствие повышенного распада эритроцитов.

Анемия пернициозная — болезнь, развивающаяся при нарушении усвоения витамина B_{12}.

Антигены — сложные органические вещества, способные при поступлении в организм животных и человека вызывать ответную иммунную реакцию — образование антител; свойствами антигенов обладают чужеродные для данного организма белки и полисахариды.

Антитела — сложные белки — иммуноглобулины плазмы крови, синтезируемые клетками лимфоидной ткани под воздействием различных антигенов; взаимодействуют с микроорганизмами, препятствуют их размножению или нейтрализуют выделяемые ими токсические вещества.

Атеросклероз — хроническое сердечно-сосудистое заболевание преимущественно людей пожилого возраста: характеризуется уплотнением артериальной стенки за счет разрастания соединительной ткани, образованием так называемых атеросклеротических бляшек, сужением просвета сосудов и ухудшением кровоснабжения органов.

Атопические болезни — общее название аллергических заболеваний, в развитии которых значительная роль принадлежит наследственной предрасположенности.

Байт — единица измерения объема памяти в вычислительной технике.

Бета-2-микроглобулин — вид белка, циркулирующего в крови.
Бета-частицы — электроны и позитроны, испускаемые при бета-распаде.
Биоритм — самоподдерживающийся автономный процесс периодического чередования состояний организма и колебаний интенсивности физиологических процессов и реакций.
Бит — элементарная единица информации. 8 битов составляют 1 байт.
Гамма-излучение — коротковолновое электромагнитное излучение, возникающее при распаде радиоактивных ядер и элементарных частиц при взаимодействии быстрых заряженных частиц с веществом, а также при аннигиляции электрон-позитронных пар и др.
Гамма-камера — прибор для графической регистрации распределения радионуклидов, предварительно введенных в организм человека.
Гематокрит — прибор для определения отношения объемов форменных элементов (частичек) крови и плазмы.
Гемоглобин — белок, содержащийся в эритроцитах; переносит кислород из легких в ткани и углекислый газ из тканей в легкие.
Генератор радиоактивных нуклидов — общее название установок, в которых из долгоживущих радиоактивных нуклидов образуются другие нуклиды с меньшим периодом полураспада.
Гепатоцит — клетка печени.
Гипертиреоз — болезненное состояние, обусловленное повышением активности щитовидной железы.
Гипертоническая болезнь — заболевание сердечно-сосудистой системы, характеризующееся повышением артериального давления.
Гипоталамус — отдел головного мозга.
Гипофиз — железа внутренней секреции; расположена у основания головного мозга.
Диабет сахарный — наследственная или приобретенная болезнь обмена веществ, обусловленная недостатком в организме инсулина.
Денситометрия — измерение оптической плотности рентгенограмм.
Детекторы ядерных излучений — приборы для регистрации ядерных излучений.
Диабет — общее название группы болезней, характеризующихся избыточным выделением из организма мочи.
Дигитальная субтракционная ангиография — вид контрастного рентгенологического исследования сосудов, основанный на компьютерной реконструкции изображения.
Дуоденостаз — нарушение двигательной функции двенадцатиперстной кишки, сопровождающееся длительной задержкой в ней пищи.
Зоб — увеличение щитовидной железы.
Зоб токсический — болезнь, характеризующаяся диффузным увеличением объема щитовидной железы и ее функции.
Зоб эндемический — болезнь, поражающая население определенных географических районов с недостаточностью йода в окружающей среде.

Изотопы — разновидности одного и того же элемента, отличающиеся массой атомов.
Имуноглобулины — белки человека и животных, выполняющие функцию антител.
Инсулин — гормон животных и человека, вырабатываемый поджелудочной железой, понижает содержание сахара в крови; недостаток инсулина приводит к сахарному диабету.
Инфаркт миокарда — сердечно-сосудистое заболевание, характеризующееся образованием очага омертвения в сердечной мышце вследствие нарушения ее кровоснабжения.
Коллиматор — устройство, формирующее узкий параллельный пучок лучей или частиц.
Компьютер — синоним электронно-вычислительной машины.
Компьютерная томография — рентгенологический метод исследования, позволяющий получить поперечное сечение (изображение слоя) тела человека; основан на компьютерной реконструкции изображения.
Лейкоциты — бесцветные клетки крови человека и животных.
Люминесценция — свечение некоторых веществ, возбужденное какими-либо источниками энергии (под воздействием света, радиоактивного и рентгеновского излучений, электрического поля и др.)
Микропроцессор — программно управляемое устройство обработки информации, выполненное на одном кристалле или нескольких больших интегральных схемах; применяется в микро-ЭВМ, системах автоматического управления.
Миоглобин — белок, содержащийся в мышцах человека; выполняет функцию переносчика кислорода.
Нейтрон — нейтрально заряженная элементарная частица; входит в состав ядра.
Нуклид — термин для обозначения любых атомов, отличающихся составом ядра.
Пиелонефрит — воспаление почки.
Плазма крови — жидкая часть крови.
Плацентарный лактоген — гормон, присутствующий в организме женщины во время беременности, образуется в плаценте — органе, который осуществляет связь между организмом матери и зародышем в период внутриутробного развития.
Позитрон — античастица электрона; заряжен положительно.
Позитронная двухфотонная эмиссионная томография — метод радионуклидного исследования с использованием позитроноизлучающих радионуклидов; позволяет получить поперечное сечение (изображение слоя) органов человека; основан на компьютерной реконструкции изображения.
Протон — элементарная частица; заряжена положительно; входит в состав ядра атома.
Радиоактивность — самопроизвольное превращение атомных ядер одних элементов в ядра других, сопровождающееся испусканием ядерных излучений.
Радиография — метод радионуклидного исследования, основанный на графической регистрации изменений во времени интенсивности излучения органов и тканей после введения в организм радиофармацевтического препарата.
Радиоиммунологический анализ — метод определения концентрации в биологических жидкостях (крови, моче) биологиче-

ски активных веществ; выполняется в пробирках с использованием радиоактивных веществ.

Радиометр — прибор для измерения плотности потока радиоактивного излучения, активности радиоактивных веществ, концентрации радионуклида в различных средах и уровней радиоактивного загрязнения поверхностей.

Радиометрия — метод измерения радиоактивности вещества.

Радионуклид — общее название любых радиоактивных атомов.

Радиофармпрепарат — утвержденный Фармакологическим комитетом Минздрава СССР препарат, меченный радионуклидом и применяемый для диагностики или лечения заболеваний.

Раково-эмбриональный антиген — белок, образующийся в желудочно-кишечном тракте зародыша; у взрослого человека присутствует в незначительных количествах; появляется в крови при некоторых опухолях.

Ренин — вещество, вырабатываемое почками; приводит к повышению артериального давления.

Рентгеновские лучи — невидимые глазом электромагнитные волны с короткой (10^2—10^{-1} миллимикрон) длиной волны.

Рилизинг-факторы (либерины) — вещества, вырабатываемые в головном мозгу; стимулируют функцию гипофиза.

Синдром — совокупность признаков заболевания; иногда этим термином обозначают самостоятельную болезнь.

Сканер — прибор для получения графического изображения распределения радионуклида, введенного в организм человека.

Сканирование радионуклидное — получение изображения органов человека с помощью сканера после введения в организм радионуклида.

Скрининг — массовое обследование населения с целью выявления лиц с определенным заболеванием.

Субтракция — вычитание; термин применяется для обозначения методов исследования, в основу которых положено вычитание изображений органов.

Сцинтиграфия — получение с помощью гамма-камеры изображения органов человека после введения в его организм радионуклидов.

Тепловидение (термография) — метод регистрации инфракрасного (теплового) излучения поверхности тела человека.

Тиреоидные гормоны — гормоны, вырабатываемые щитовидной железой.

Тромбоциты — клетки крови, участвующие в свертывании крови.

Тромбоэмболия — закупорка артерий сгустком крови.

Ультразвуковое исследование — применение ультразвуковых колебаний (частотой выше 20 килогерц) для диагностики заболеваний.

Ультразвуковое сканирование — получение изображения органов человека (отдельных его слоев) с помощью ультразвука.

Фетоплацентарная система — совместная гормональная функция плаценты и плода, возникающая в организме женщины во время беременности; регулирует течение беременности.

Флуоресценция — кратковременная люминесценция.

Холелитиаз — образование камней в желчном пузыре и желчных протоках.

Холецистит — воспаление желчного пузыря.

Циклотрон — ускоритель протонов (или ионов).

Эктопический эндокринный синдром — болезненное состояние,

характеризующееся высоким содержанием в крови гормонов, продуцируемых развивающейся опухолью какого-либо органа.

Электрон — элементарная частица; заряжена отрицательно.

Эмиссионная томография — радионуклидный метод исследования, позволяющий получить изображение поперечного сечения (слоя) тела человека. Основан на компьютерной реконструкции изображения.

Эритроциты — красные кровяные клетки крови; переносят кислород от легких к тканям и углекислый газ от тканей к легким.

Эхинококкоз — заболевание, вызываемое паразитическим пузыревидным ленточным червем — эхинококком.

Ядерная медицина — медицинская специальность, в сферу деятельности которой входит применение радионуклидов с диагностической и лечебной (очень редко) целью.

Ядерное излучение — поток частиц и гамма-квантов, испускаемый при радиоактивном распаде, от ускорителей заряженных частиц, ядерных реакторов, а также из космоса.

Ядерно-магнитно-резонансная (ЯМР) томография — получение послойного изображения органов человека, основанное на измерении реакции протонов, находящихся в тканях, на воздействие радиочастотных импульсов в стабильном магнитном поле.

СОДЕРЖАНИЕ

ИБ № 5252

Игорь Петрович Королюк,
Анатолий Федорович Цыб

БЕСЕДЫ О ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ

Заведующий редакцией В. Щербаков
Редактор Л. Антонюк
Художник Н. Маркова
Художественный редактор Т. Войткевич
Технический редактор Р. Сиголаева
Корректоры Л. Четыркина, Н. Овсяникова

Сдано в набор 22.06 87. Подписано в печать 24.11.87. А01266. Формат 84×108$^{1}/_{32}$ Бумага типографская № 2 Гарнитура «Обыкновенная новая». Печать высокая Условн. печ. л. 10,08 Условн. кр.-отт. 10,5. Учетно-изд. л. 10,8 Тираж 100 000 экз Цена 60 коп. Заказ 1527.

Типография ордена Трудового Красного Знамени издательско-полиграфического объединения ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия». Адрес ИПО: 103030, Москва, К-30, Сущевская, 21.

ISBN 5—235—00599—6

Эврика





ИГОРЬ ПЕТРОВИЧ КОРОЛЮК — видный советский ученый-рентгенолог и радиолог, заведует кафедрой в Куйбышевском медицинском институте, автор более 200 научных статей и монографий. Круг его интересов весьма широк: ядерная медицина, рентгенодиагностика, тепловидение, микроанализ, а в настоящее время — проблема медицинского диагностического изображения на базе прогрессивной компьютерной технологии.

АНАТОЛИЙ ФЕДОРОВИЧ ЦЫБ — видный советский ученый-радиолог и рентгенолог, член-корреспондент Академии медицинских наук СССР, директор Научно-исследовательского института медицинской радиологии АМН СССР. Анатолий Федорович — автор более 200 научных статей и монографий. Круг его научных интересов — проблемы лучевой диагностики и лучевой терапии.

60 коп.

МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ